



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL E
SOCIAL DA PRODUÇÃO DE BIOQUEROSENE
DE MACAÚBA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

**Autor: Vitor Magno Andrade Medeiros
Orientadora: Maria Vitória Duarte Ferrari
Co-orientadora: Paula Meyer Soares**

**Brasília, DF
2015**



Vitor Magno Andrade Medeiros

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL E SOCIAL DA PRODUÇÃO DE
BIOQUEROSENE DE MACAÚBA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Vitória Duarte Ferrari

Co-Orientadora: Profa. Dra Paula Meyer Soares

**Brasília, DF
2015**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Andrade Medeiros, Vitor Magno.

Avaliação de Desempenho Ambiental e Social da
Produção de Bioquerosene de Macaúba: Uma Proposta
Metodológica / Vitor Magno Andrade Medeiros.
Brasília: UnB, 2015. 61 p.; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2014. Orientação: Maria Vitória
Duarte Ferrari.

1. Bioquerosene. 2. Querosene de Aviação. 3. Desempenho Ambiental. 4. Desempenho Social. 5. Emissões de CO₂.

Ferrari, Maria Vitória Duarte.
Doutora em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas.

CDU Classificação

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL E SOCIAL DA PRODUÇÃO DE
BIOQUEROSENE DE MACAÚBA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

Vitor Magno Andrade Medeiros

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 29/06/2015 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Profa. Dra. Maria Vitória Duarte Ferrari, UnB/ FGA
Orientadora

Profa. Dra Paula Meyer Soares, UnB/ FGA
Co-orientadora

Katia Broeto Miller, UnB/ FAU
Membro Convidado

Prof. Dra. Josiane do Socorro Aguiar Souza
Membro interno

Brasília, DF
2015

Dedico este trabalho a minha mãe
Maria de Lourdes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas bênçãos que tive durante todo o percurso da minha graduação e por hoje ser possível a defesa da minha formação acadêmica.

A minha mãe Maria de Lourdes, pela imensa dedicação, carinho, cumplicidade, integridade, apoio e amor incondicional, pela ótima educação, que fizeram de mim o homem responsável que sou hoje, por ter sido a grande responsável pela minha permanência na universidade e por ter me proporcionado todos os recursos necessários para que hoje eu pudesse defender minha formação acadêmica.

Ao meus grandes amigos e irmãos Weber Magno e Bruno Alasse, pelo apoio e incentivo durante o árduo caminho da graduação, me incentivando e dando forças para continuar em frente.

A minha melhor amiga e namorada Mariana Andrade, pelo imenso amor e paciência durante o período de graduação, pelo apoio incondicional e pela motivação durante todo caminho até aqui.

A todos os amigos que fiz durante essa trajetória, em especial, aos meus grandes amigos Luiz Eduardo, Frederico Seroa, Flávio Massa e Rodrigo Silva, que sempre me apoiaram em momentos de dificuldades acadêmicas, e com quem compartilhei diversos momentos de descontração e alegria, momentos estes que guardarei para sempre em minha memória.

A equipe de trabalho da MRS Estudos Ambientais, em especial ao Sylvio, Bell e a Helena, que me apoiaram e facilitaram a flexibilização do meu horário para que essa jornada se tornasse mais tranquila e possível.

A Áurea Nardelli, pela ajuda no que diz respeito a assuntos voltados a macaúba e seu arranjo produtivo.

Ao Teddy Farias, da Universidade Federal de Minas Gerais, pela imensa contribuição para esse trabalho, no que diz respeito ao balanço de massa e energia do processo de obtenção do óleo bruto da polpa de macaúba.

A Katia Miller pela grande ajuda no tocante à construção e organização desse trabalho em diversos aspectos.

A minha orientadora Maria Vitória Duarte Ferrari, que me ajudou a construir e consolidar este trabalho, tornando possível a defesa da minha formação acadêmica.

A minha Co-orientadora Paula Meyer, que juntamente com a Vitória tornou possível a defesa da minha formação acadêmica.

À Universidade de Brasília e aos mestres e doutores da Faculdade UnB Gama, pelo aprendizado e construção intelectual.

Vitor Magno Andrade Medeiros

“Toda experiência, não importa quão ruim
pareça, tem em si uma bênção de algum tipo.
O objetivo é encontrá-la.”

Buddha.

RESUMO

Tendo em vista a permissão da adição de 50% em volume de bioquerosene ao querosene de aviação comercializado atualmente, a busca por combustíveis renováveis e a necessidade de diminuir as emissões de gases de efeito estufa provenientes do setor da aviação civil no Brasil, este trabalho tem como objetivo comparar o desempenho social e ambiental do bioquerosene de macaúba com o querosene de aviação. O desempenho social foi avaliado por meio de indicadores sobre responsabilidade social da norma NBR ISO 26000, bem como aos aspectos ligados ao arranjo produtivo de cada combustível. O desempenho ambiental foi avaliado por meio de indicadores de acordo com diretrizes da norma NBR ISO 14031 e da Política Nacional do Meio Ambiente. Como resultado da comparação de desempenho, foram gerados gráficos tipo radar, associados ao desempenho de cada combustível. Por fim, chegou-se à conclusão que o desempenho geral do bioquerosene é superior ao do querosene de aviação, considerando-se os indicadores abordados neste trabalho, quando comparado de forma pontual, o bioquerosene apresenta um melhor desempenho ambiental e social, enquanto o querosene de aviação apresenta um menor custo.

Palavras-chave: Bioquerosene, Querosene de Aviação, Desempenho Social, Desempenho Ambiental, Emissões de CO₂.

ABSTRACT

In order to permit the addition of 50% by volume of bioquerosene the jet fuel currently marketed, the search for renewable fuels and the need to reduce emissions of greenhouse gases from the civil aviation sector in Brazil, this work has intended to compare the social and environmental performance of bio-kerosene macaúba with jet fuel. Social performance was evaluated by means of indicators on social responsibility ISO 26000 standard as well as aspects related to the production of each fuel arrangement. The environmental performance was evaluated by means of indicators according to guidelines of ISO 14031 and the National Environmental Policy. As a result of performance comparison, type radar graphs were generated, linked to the performance of each fuel. Finally came to the conclusion that the overall performance of bio-kerosene is higher than jet fuel, considering the indicators addressed in this study, when compared in a timely manner, the bioquerosene has a better environmental and social performance, while kerosene Aviation is less expensive.

Key words: Biokerosene, Aviation Fuel, Social Performance, Environmental Performance, CO₂ emissions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Série histórica de movimentações por tipo de voo	20
Figura 2 - Série histórica de movimentação por tipo de companhia.	20
Figura 3 - Quantidade de aeronaves registradas no Brasil	22
Figura 4 - Principais pares origem-destino em 2013, considerando ambos os sentidos.....	22
Figura 5 - Produção Mensal de Querosene de Aviação pelas Refinarias Brasileiras - 2008-2014 (m ³)	23
Figura 6 - Produção Anual de Querosene de Aviação pelas Refinarias Brasileiras - 2008-2014 (m ³)	24
Figura 7 - Projeção da Produção e Consumo de Querosene de Aviação no Brasil.....	24
Figura 8 - Processo de Produção de Bioquerosene por Hidroprocessamento	25
Figura 9 - Visão geral esquemática da NBR ISO 26000	28
Figura 10 - Emissões de CO ₂ eq em 2005	30
Figura 11 - Emissões de CO ₂ eq em 2010	31
Figura 12 - Emissões de Dióxido de Carbono Equivalente - Setor de Energia	31
Figura 13 - Contribuição Global dos Setores na emissão de CO ₂	32
Figura 14 - Produtos da combustão emitidos por motores a jato.	32
Figura 15 - Princípio de Conservação da Energia.....	35
Figura 16 – Exemplo de Gráfico a Ser Gerado para Comparação do Desempenho dos Combustíveis.	37
Figura 17 - Cadeia Produtiva do Querosene de Aviação	40
Figura 18 - Cadeia Produtiva do Bioquerosene.....	40
Figura 19 - Desempenho social do querosene de aviação.....	52
Figura 20 - Desempenho Social do Bioquerosene	53
Figura 21 - Desempenho Ambiental do Querosene de Aviação	55
Figura 22 - Desempenho Ambiental do Bioquerosene	55
Figura 23 -Desempenho dos Combustíveis Analisados	56
Figura 24 - Desempenhos dos Combustíveis Analisados – Normalizados.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação por categoria de registro	21
Tabela 2 - Testes de voo com composições biocombustíveis	25
Tabela 3 - Índices de Emissão padrões de Querosene de Aviação (g/kg)	33
Tabela 4 - Dados para o Cálculo das Emissões de CO ₂	44
Tabela 5 - Cálculo das emissões de CO ₂	44
Tabela 6 - Massas molares do Querosene de Aviação e do Dióxido de Carbono	44
Tabela 7 - Cálculo Simplificado das Emissões de CO ₂ na Combustão Completa do Querosene de Aviação.	45
Tabela 8 - Balanço de Massa	46
Tabela 9 - Parâmetros Necessários para o Cálculo do Gasto Energético	46
Tabela 10 - Gasto Energético do Beneficiamento do Coco de Macaúba.....	47
Tabela 11 - Gasto Energético Total	47
Tabela 12 - Valor Energético do Óleo da Polpa da Macaúba.....	47
Tabela 13 - Valor Energético dos Produtos.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indicadores Organizacionais e de Gestão, Instituto ETHOS	29
Quadro 2 - Indicadores da Dimensão Social, Instituto ETHOS	29
Quadro 3 - Definição de Conceitos	34
Quadro 4 - Indicadores de Desempenho Social.....	41
Quadro 5 - Indicadores de Desempenho Ambiental ISO 14031	42
Quadro 6 - Indicadores de Desempenho Ambiental Abordados neste Trabalho	42
Quadro 7 - Parâmetros para o Cálculo da Emissões de CO ₂	43
Quadro 8 - Conversões Energéticas	46
Quadro 9 - Contatos Realizados	49
Quadro 10 - Parâmetros de Desempenho Social para o Querosene de Aviação	50
Quadro 11 - Parâmetros de Desempenho Social para o Bioquerosene	51
Quadro 12 - Parâmetros de Desempenho Ambiental para o Querosene de Aviação	53
Quadro 13 - Parâmetros de Desempenho Ambiental para o Bioquerosene	54
Quadro 14 - Desempenhos dos Combustíveis Analisados.....	56
Quadro 15 - Desempenhos dos Combustíveis Analisados – Normalizados	56

LISTA DE SIGLAS

ACV - AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA
AIA - AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS
ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL
BEM - BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL
BID - BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO
BIMTRA - BANCO DE INFORMAÇÕES DE MOVIMENTO DE TRÁFEGO AÉREO
CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS
CO₂ - DIÓXIDO DE CARBONO
CO₂EQ - DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE
CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
EASA - EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY
FE - FATOR DE EMISSÃO
GEE - GASES DE EFEITO ESTUFA
IATA - INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION
IBP - INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS
IE - ÍNDICE DE EMISSÃO
IICA- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO AGRÍCOLA
KG - QUILOGRAMA
LTO - LANDING AND TAKE OFF , OU POUSO E DECOLAGEM
MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
MDA - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO
MJ - MEGA-JOULES
MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
PBB - PLATAFORMA BRASILEIRA DO BIOQUEROSENE
PMB - PLATAFORMA MINEIRA DE BIOQUEROSENE
PNMC - POLÍTICA NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA
PNPB - PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL

PRONAF - PROGRAMA NACIONAL DE FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR

QVA - QUEROSENE DE AVIAÇÃO

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

SEDE - SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

SGA - SISTEMA DE GESTÃO DE AMBIENTAL

TCC 2 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

UBCM - UNIDADE DE BENEFICIAMENTO DE COCO DE MACAÚBA

UBRABIO - BRASILEIRA DO BIODIESEL E BIOQUEROSENE

UFMG - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
1.2	OBJETIVOS E METAS DO TRABALHO	18
1.2.1	OBJETIVO GERAL	18
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	CENÁRIO DA AVIAÇÃO NO BRASIL	19
2.2	CENÁRIOS DE PRODUÇÃO DE QUEROSENE DE AVIAÇÃO E BIOQUEROSENE	23
2.2.1	QUEROSENE DE AVIAÇÃO	23
2.2.2	BIOQUEROSENE	25
2.3	DESEMPENHO SOCIAL	27
2.3.1	RESPONSABILIDADE SOCIAL	28
2.4	DESEMPENHO AMBIENTAL	29
2.4.1	EMISSIONES: CONTEXTO GERAL	29
2.4.2	EMISSIONES NA AVIAÇÃO	31
2.4.3	GESTÃO AMBIENTAL	33
2.5	BALANÇO DE MASSA E ENERGIA	34
3	METODOLOGIA	35
3.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	35
3.2	DESEMPENHO SOCIAL E AMBIENTAL	36
3.3	BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO ÓLEO BRUTO DE MACAÚBA	36
3.4	DESCRIÇÃO DO ARRANJO PRODUTIVO	36
3.5	ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS	36
3.6	COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL E SOCIAL DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E O BIOQUEROSENE DE MACAÚBA	37
4	RESULTADOS	38
4.1	DESEMPENHO SOCIAL	38
4.1.1	ARRANJO PRODUTIVO	38
4.1.2	A CADEIA PRODUTIVA	40
4.1.3	INDICADORES DE DESEMPENHO SOCIAL	41
4.2	DESEMPENHO AMBIENTAL	41
4.2.1	EMISSIONES DE CO ₂	43
4.3	BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO ÓLEO BRUTO DE MACAÚBA	45
4.3.1	BALANÇO DE MASSA	45
4.3.2	BALANÇO ENERGÉTICO	46
4.4	ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS	48
4.4.1	RESULTADO DAS ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS	50
4.5	COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL E SOCIAL DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E O BIOQUEROSENE DE MACAÚBA	50
4.5.1	DESEMPENHO SOCIAL	50
4.5.2	DESEMPENHO AMBIENTAL	53
4.5.3	COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DOS COMBUSTÍVEIS	56

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
5.1	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	58
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e a elevação das temperaturas ao redor do planeta tem levado especialistas e líderes de governos a repensarem as matrizes produtivas e energéticas e a buscarem soluções mais sustentáveis. O interesse pela produção e uso de biocombustíveis vem crescendo nas últimas décadas impulsionados pela busca de soluções mais sustentáveis e pelas previsões de diminuição na oferta de combustíveis fósseis no futuro (ANDRADE, 2014).

A Resolução Nº 20 de 2013, da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), autoriza adição de querosene alternativo, ou bioquerosene, ao querosene de aviação (QVA) comercializado até o limite máximo de 50% em volume. Dessa forma, a demanda pelo estudo por oleaginosas nativas de plantas de ciclo anual e com grande produtividade vem sendo considerada pelo setor agroenergético (MME, 2014).

Uma das plantas promissoras como matéria-prima, tanto para biodiesel, como bioquerosene é a palmeira macaúba, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd, pertencente à família Arecaceae, de ocorrência natural nas florestas tropicais e savanas da América. Essa planta tem sido utilizada para diferentes fins, as folhas para nutrição animal, o endocarpo para produção de carvão vegetal, e a polpa e amêndoa dos frutos para a produção de farinhas e óleos (RAMOS, 2007). A macaúba pode se adaptar a diversas condições edafoclimáticas e apresenta potencial para fornecimento de óleo, podendo gerar cerca de dez vezes mais óleo do que a soja em uma mesma área por ano (ROSCOE *et al.*, 2007).

Tendo em vista o cenário brasileiro de combustível para aviação e a possibilidade de utilização de bioquerosene em mistura com o querosene de aviação já comercializado, é oportuno o estudo do aproveitamento energético da macaúba para produção de bioquerosene. Assim, este trabalho tem como objetivo comparar o desempenho social e ambiental do bioquerosene de macaúba com o querosene de aviação.

1.2 OBJETIVOS E METAS DO TRABALHO

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso é comparar o desempenho ambiental e social do bioquerosene de macaúba com o querosene de aviação.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo proposto, os seguintes objetivos específicos foram elaborados: (a) caracterizar o arranjo produtivo do bioquerosene de macaúba e as cadeias produtivas do bioquerosene e do querosene de aviação, (b) identificar a(s) etapa(s) dessas cadeias produtivas que serão abordadas neste estudo, e (c) comparar o desempenho ambiental e social desses combustíveis quanto às emissões de CO₂, assim como o desempenho social quanto a políticas sociais, responsabilidade social e representação em relação ao Produto Interno Bruto (PIB).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CENÁRIO DA AVIAÇÃO NO BRASIL

Desde a década de 20 a aviação civil brasileira passou por grandes transformações, passando de mercado incipiente no início do século passado, onde empresas aéreas praticamente não existiam, para um setor com empresas de porte e consequente necessidade de regulação (ANAC, 2010).

O setor de transporte aéreo é de grande importância para o Brasil, sendo essencial para o transporte de cargas e para a expansão de serviços, além de promover a integração nacional, por meio da conexão entre os estados e do Brasil com outros países (ANAC, 2010).

Em 2010 foram realizados quase 20.000 voos semanais partindo de aeroportos brasileiros, sendo 90% dedicados ao atendimento do mercado doméstico. A oferta de assentos cresceu, motivada principalmente pelo crescimento econômico e pela inclusão de passageiros das classes B e C no modal aéreo (ANAC, 2010).

Com base no Anuário Estatístico do Transporte Aéreo de 2012 da ANAC, a demanda doméstica do transporte de passageiros em território brasileiro mais do que triplicou no período de 2003 a 2012. Além disso, a demanda no mercado internacional para voos com origem ou destino no Brasil, por sua vez, mais do que dobrou no mesmo período, com alta de 128% (ANAC, 2014).

Em 2003 a quantidade de passageiros transportados foi de 37,2 milhões, já em 2012 superou-se a marca de 100 milhões, com 88,7 milhões de passageiros transportados em voos domésticos e 18,5 milhões em voos internacionais com origem ou destino no Brasil (ANAC, 2014).

O número de passageiros transportados em 2012 mostra uma proporção de 55 passageiros transportados no modal aéreo para cada 100 habitantes no Brasil, enquanto que em 2003 essa mesma proporção era de apenas 21 para 100 (ANAC, 2014).

Segundo a ANAC (2014), o mercado doméstico em 2012 teve sua demanda absorvida principalmente por 3 grandes operadoras nacionais:

- 40,3% pelo grupo TAM;
- 33,9% pela Gol; e
- 10,0% pela Azul.

Os dados de movimentação das aeronaves obtidos pela ANAC por meio de um extrato do Banco de Informações de Movimento de Tráfego Aéreo (BIMTRA), e podem ser visualizados na Figura 1.

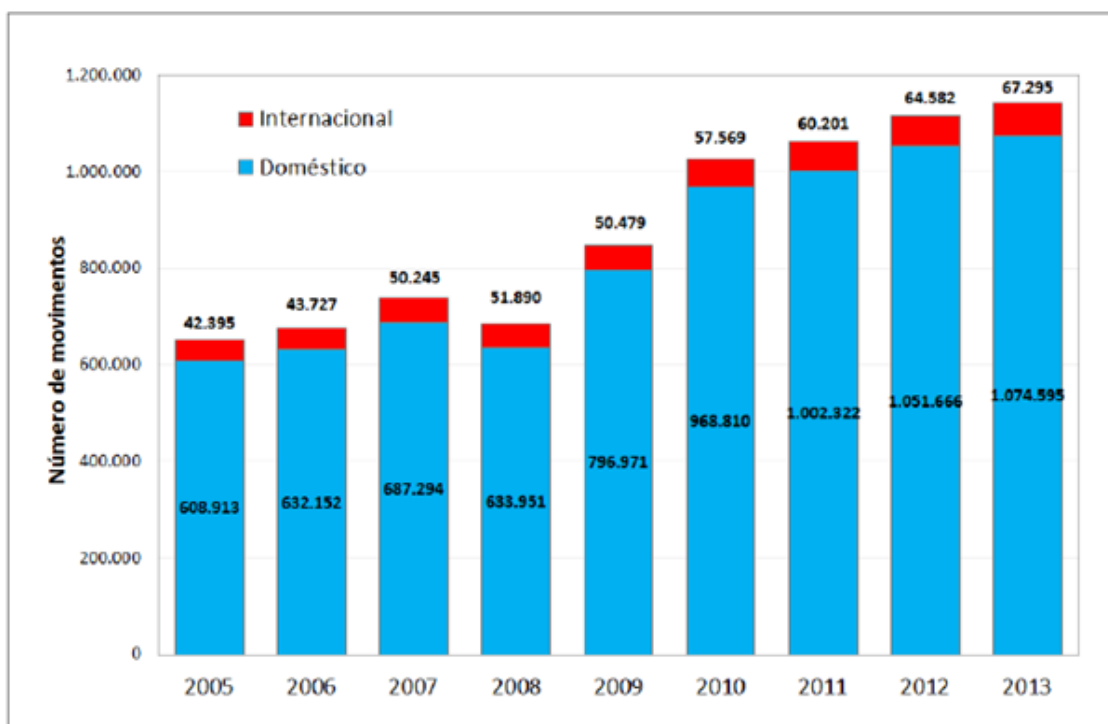


Figura 1 - Série histórica de movimentações por tipo de voo
Fonte: ANAC, 2014.

A análise das movimentações das companhias aéreas pode ser visualizada na Figura 2, produzida por meio do ranking das seis empresas com maior movimentação em 2013 (ANAC, 2014).

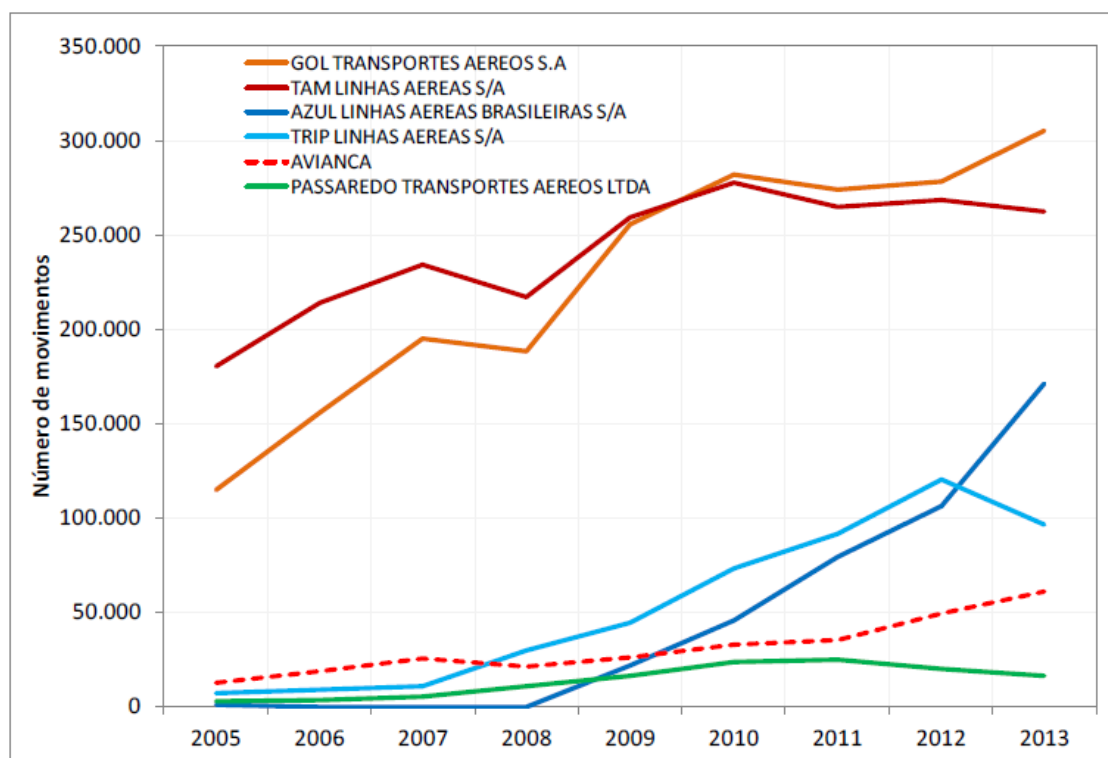


Figura 2 - Série histórica de movimentação por tipo de companhia.
Fonte: ANAC, 2014.

Dentre as empresas brasileiras, o Grupo TAM e a GOL são responsáveis pela quase a totalidade das operações internacionais, com participação de 89,4% e 10,3% respectivamente (ANAC, 2014).

O tráfego aéreo pode ser dividido em três categorias, de acordo com a função e atividades desempenhadas: aviação civil, aviação geral e aviação militar (ANAC, 2012).

- Aviação civil: Está relacionada com o transporte de passageiros e carga;
- Aviação militar: Representada pelas forças armadas;
- Aviação geral: Representada pelas atividades aéreas relacionadas ao turismo, agricultura e comerciais, que empregam aeronaves de pequeno porte.

De acordo com a ANAC (2012), a aviação civil é a que mais tem crescido em quantidade e rapidez, nos últimos anos.

Em relação à frota das aeronaves registradas no Brasil, até o período de 01 de outubro de 2012, constatou-se um número total de 19.401 unidades, segundo dados divulgados pela ANAC (2015). Esses números estão relacionados:

- Aos jatos das grandes companhias aéreas;
- Aviões e helicópteros particulares;
- Táxi-aéreo; e
- As aeronaves utilizadas na agricultura, em escolas de aviação, em reportagens e vários outros usos.

Em dezembro de 1999, o número de aeronaves registradas no Brasil foi de 10.274 aeronaves. Em setembro de 2011, o número de aeronaves registradas no Brasil foi de 13.883 aeronaves, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação por categoria de registro

Classificação por categoria de registro	
Privado (TPP)	5749
Transporte Público Não Regular - Táxi Aéreo (TPX)	918
Transporte Aéreo Público Regular, Doméstico ou Internacional (TPR)	505
Instrução Privada (PRI)	829
Experimentais (PET e PEX)	4429
Outras categorias	1453

Fonte: ANAC, 2011

De acordo com o último cadastro disponibilizado pela ANAC, em outubro de 2012, com 19.401 aeronaves registradas, verifica-se um aumento de 47,04% em relação à frota de 1999, e um aumento de 28,44% em relação à frota de 2011. A progressão do número de aeronaves registradas no Brasil pode ser visualizada na Figura 3.

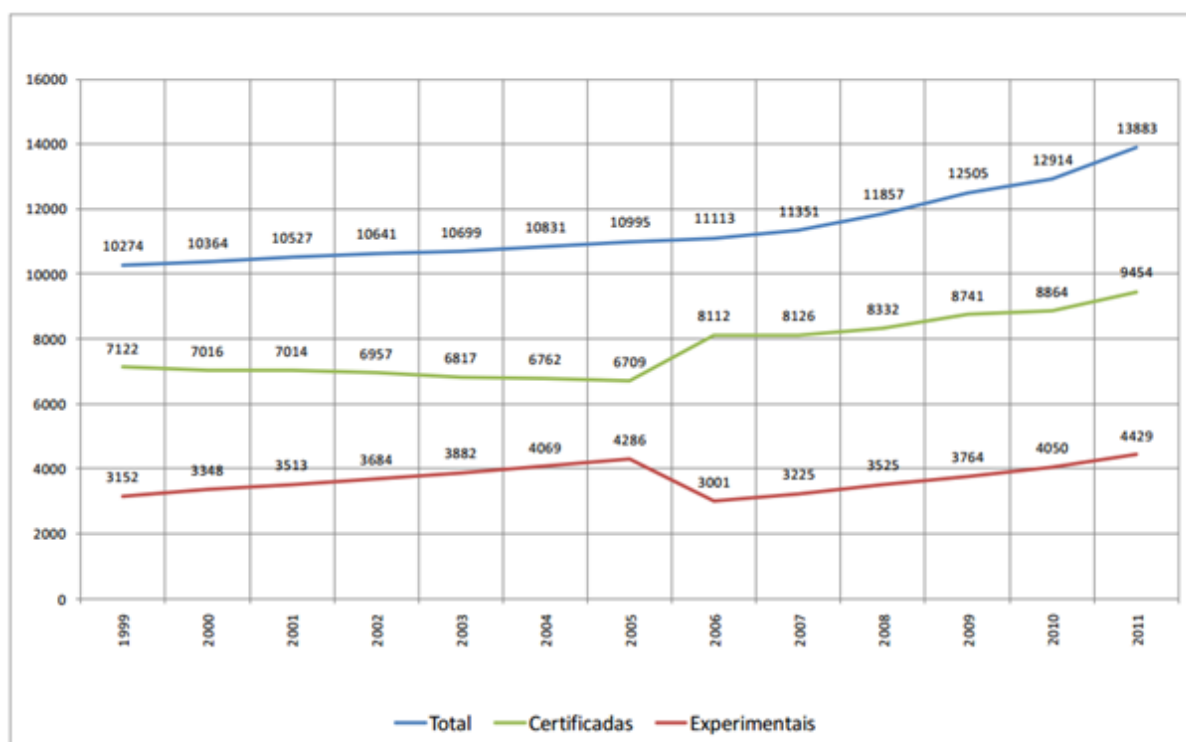


Figura 3 - Quantidade de aeronaves registradas no Brasil
Fonte: ANAC, 2011

A Figura 4 mostra as principais origens e destinos, referentes aos aeroportos brasileiros, onde se destacam a ponte aérea Rio-São Paulo entre os aeroportos de Congonhas e Santos Dumont, que despontam com enorme vantagem sobre os demais pares em número de movimentações, e a ligação São Paulo-Brasília, entre os aeroportos de Congonhas e Juscelino Kubitschek (ANAC, 2011).

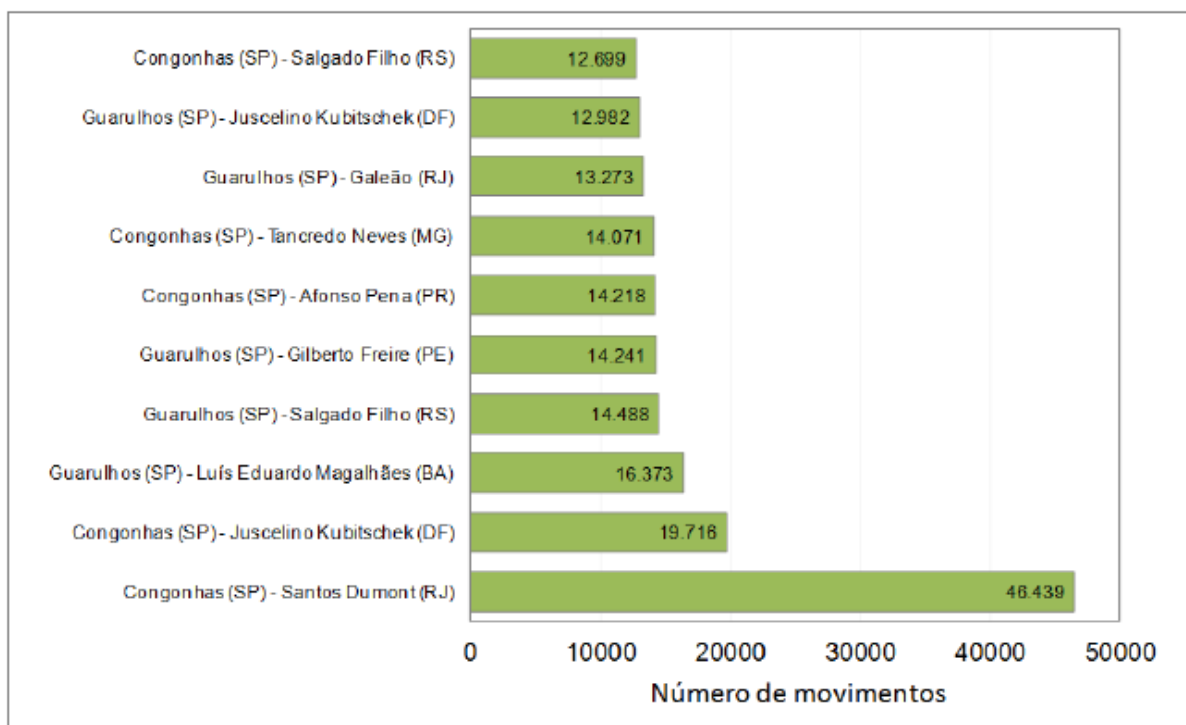


Figura 4 - Principais pares origem-destino em 2013, considerando ambos os sentidos.
Fonte: ANAC, 2011

Segundo Rocha (2012), em seu trabalho referente à estimativa simulada das emissões provenientes da aviação civil, a demanda pelo transporte aéreo tem crescido mais rapidamente que a demanda por outras formas de transporte, de tal forma que seja provável um aumento das emissões globais totais por aeronaves, mesmo que sejam considerados as melhorias no que diz respeito à tecnologia embarcada e procedimentos operacionais das empresas aéreas. Assim, esse setor necessita de outras medidas que permitam a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, tais como a otimização de rotas de voo, e utilização de combustíveis alternativos, por exemplo, o bioquerosene, objeto de estudo deste trabalho.

2.2 CENÁRIOS DE PRODUÇÃO DE QUEROSENE DE AVIAÇÃO E BIOQUEROSENE

2.2.1 QUEROSENE DE AVIAÇÃO

O querosene de aviação representa 34% dos custos operacionais das companhias aéreas na média mundial. De acordo com Oliveira (2013) são realizados cerca 62 mil voos internacionais por ano, enquanto em território nacional chegam a aproximadamente 1 milhão de voos por ano. Em relação ao cenário de produção de querosene de aviação, as refinarias brasileiras produzem 75% do querosene consumido no país.

2.2.1.1 Produção de Querosene de Aviação no Mercado Brasileiro

Neste tópico são apresentados dados sobre a produção de Querosene de Aviação no mercado brasileiro, a fim de se estabelecer uma relação entre a bioquerosene e a querosene de aviação, no que diz respeito à complementação da produção de querosene de aviação convencional, que atualmente não supre toda a demanda, sendo necessária a importação, que futuramente poderá ser suprido pelo bioquerosene.

Na Figura 5 são apresentados os dados mensais referentes à produção de Querosene de Aviação pelas refinarias brasileiras, no período de 2008 a 2014.

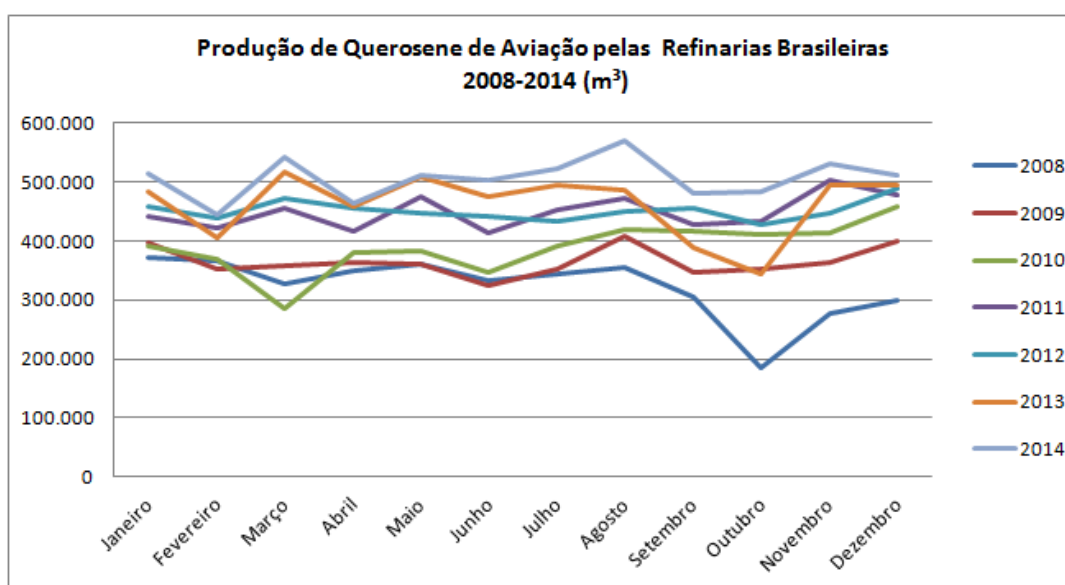


Figura 5 - Produção Mensal de Querosene de Aviação pelas Refinarias Brasileiras - 2008-2014 (m³)
Fonte: ANP - Manguinhos, Petrobras, Riograndense, Univen e Dax Oil, 2014.

Na Figura 6 pode ser verificada uma produção crescente, com a maior produção em 2014, chegando-se a um total de 6.079.114 m³. Em relação à produção em 2015, até o mês de abril, tem-se 1.877.413 m³.

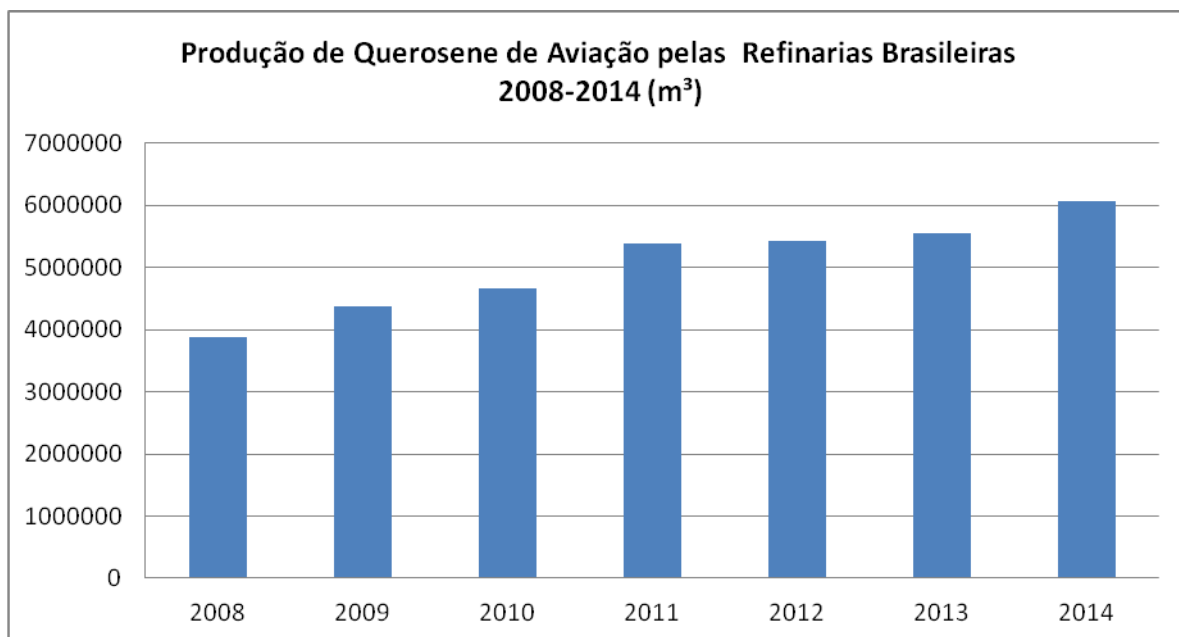


Figura 6 - Produção Anual de Querosene de Aviação pelas Refinarias Brasileiras - 2008-2014 (m³)
Fonte: ANP - Manguinhos, Petrobras, Riograndense, Univen e Dax Oil, 2014.

A projeção da produção e consumo de querosene de aviação no Brasil podem ser visualizadas na Figura 7.

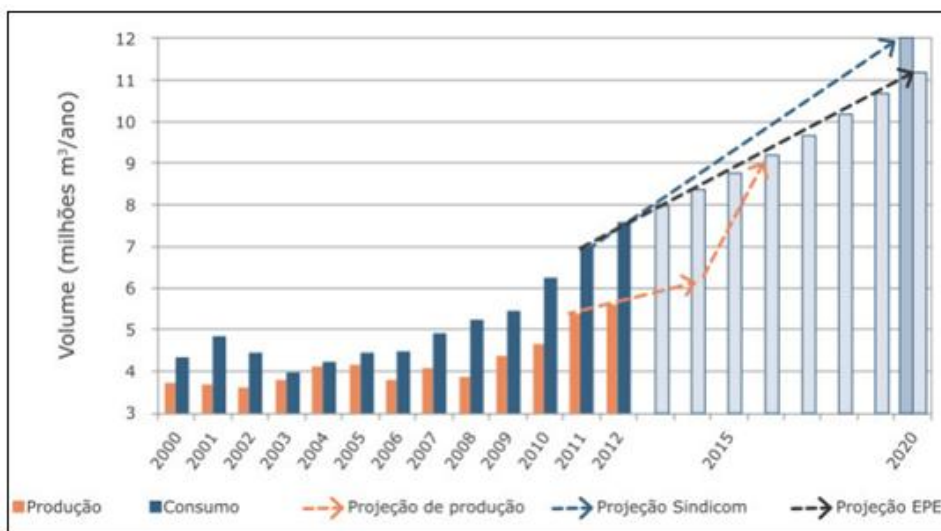


Figura 7 - Projeção da Produção e Consumo de Querosene de Aviação no Brasil
Fonte: ANP, 2012.

Os dados contidos na Figura 7 são importantes para a caracterização do cenário de produção de bioquerosene no Brasil em uma projeção até 2020, considerando que a Resolução ANP Nº 20 de 2013 autoriza a adição de bioquerosene no querosene de aviação comercializado até o limite máximo de 50% em volume. Assim, os valores correspondentes ao consumo, que estão acima da produção, ou seja, referentes à importação do querosene de aviação poderão ser supridos pelo bioquerosene.

2.2.2 BIOQUEROSENE

Segundo Maurice (2001) até o ano de 2020 existe possibilidade de não haver fontes alternativas ao querosene de aviação que possam suprir as necessidades de fornecimento demandadas pelo crescimento do consumo em escala mundial.

Nos últimos anos uma série de iniciativas de substituição parcial ou total de querosene de aviação foram feitas em testes de campo, tanto para aviação civil, quanto para aeronaves militares. Na Tabela 2 são apresentadas as principais iniciativas no período de 2007 a 2014 (GONÇALVES *et al*, 2011).

Tabela 2 - Testes de voo com composições biocombustíveis.

Ano do teste	Aeronave	(%) biocombustível	Biomassa
2007	Força Aérea Argentina	50	Soja
2007	Avião Militar Tcheco	100	Não declarado
2008	Virgin Atlantic/ Boeing/GE	20	Coco e babaçu
2007	Air New Zeland/Boeing/Ross Royce	50	Pinhão manso
2009	Continental Airlines/Boeing/GE-CFM	50	Alga e pinhão manso
2010	Japan Airlines/Boeing/Pratt & Whitney	50	Alga, pinhão manso e camelina
2010	Interjet/Airbus	Não declarado	Derivados de halófitas
2010	TAM	50	Pinhão manso
2104	GOL	10	Cana-de-açúcar

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al, 2011.

2.2.2.1 Processos de Obtenção de Bioquerosene

O bioquerosene pode ser produzido por meio da rota termoquímica, com o craqueamento catalítico, um processo de decomposição térmica do óleo vegetal na presença de hidrogênio e catalisador. Eliminando-se os produtos oxigenados, obtém-se uma mistura de hidrocarbonetos, que passa por uma destilação, gerando frações semelhantes ao querosene de aviação (OLIVEIRA, 2007). O processo de obtenção do bioquerosene pode ser visualizado na Figura 8.

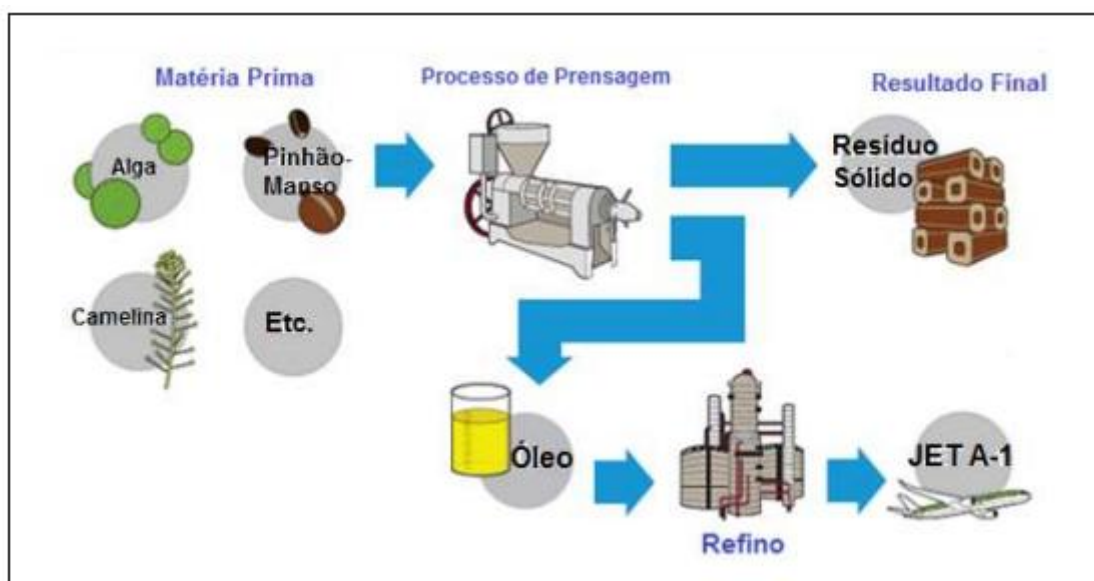


Figura 8 - Processo de Produção de Bioquerosene por Hidroprocessamento

Fonte: Araújo, 2014, adaptado de ENVIRO AERO, 2011.

2.2.2.2 Programa Nacional de Bioquerosene

O Programa Nacional do Bioquerosene foi estabelecido em 2009, por meio da Lei Nº 3213/2009, como incentivo à sustentabilidade ambiental da aviação brasileira, em resposta às tendências de mitigação de emissões provenientes das atividades aeroviárias (BONASSA *et al*, 2014).

Essa lei estabelece a pesquisa e desenvolvimento em combustíveis renováveis a partir de biomassas, do tipo bioquerosene *drop-in*, assim como biocombustível de 2ª geração para aviação, desde que compatível sem que haja alterações nas tecnologias estabelecidas nos motores de turbinas, e que a composição dos combustíveis utilizados não comprometa a segurança do sistema de aviação (BONASSA *et al*, 2014).

Nesse contexto destacam-se no transporte aéreo pesquisas e testes para a produção de bioquerosene. Segundo a resolução da ANP nº 20 de 24 de junho de 2013, define-se como Bioquerosene de Aviação: “os combustíveis derivados de biomassa renovável destinados ao consumo em turbinas de aeronaves, produzido pelos processos que atendam o estabelecido no Regulamento Técnico ANP nº 01/2013”. Uma vez atendidos os parâmetros exigidos pela ANP, tais como ponto de fulgor e congelamento, o bioquerosene torna-se um combustível complementar ao querosene de origem fóssil, por apresentar características semelhantes em relação às propriedades físicas e químicas (BONASSA *et al*, 2014).

Oleaginosas como soja, colza e palma podem ser utilizadas como matéria-prima para a produção de bioquerosene, porém, outras fontes também têm sido propostas tais com: pinhão manso, camelina, babaçu e algas, que possuem composição significativa de óleos graxos (CGEE, 2010). A macaúba também se mostra como uma opção para a produção de bioquerosene, uma vez que pode ser comparada ao pinhão manso, natural em áreas de solos pouco férteis, com clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais e rica em óleo.

2.2.2.3 Plataforma Brasileira de Bioquerosene

Lançada pela União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio), na Conferência Rio+20, a Plataforma Brasileira do Bioquerosene (PBB), tem o objetivo de afirmar a importância socioeconômica e ambiental da utilização de biocombustíveis para o setor da Aviação (UBRABIO, 2012). A PPB foi lançada com o apoio de grandes instituições tais como Boeing, Petrobras Distribuidora (BR Aviation), BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) e Curcas, uma empresa especializada no desenvolvimento de projetos de energia renovável (UBRABIO, 2012). Integrada à PPB, está a Plataforma Mineira de Bioquerosene (PMB), que visa contribuir para produção de combustível de baixo carbono e produtos renováveis competitivos em relação aos combustíveis fósseis, reduzindo as emissões de GEE provenientes do setor de aviação, além de promover o desenvolvimento regional do estado de Minas Gerais (SEDE MG, 2014).

2.2.2.3.1 Plataforma Mineira de Bioquerosene

Responsável pela implantação dessa cadeia produtiva, a PMB é composta pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico (Sede), que representa o governo nessa articulação, por empresas de aviação civil, como Boeing, Embraer e Gol Linhas Aéreas, além da GE do Brasil, International Air Transport Association (Iata), agências de pesquisa e fomento, como o Instituto Interamericano de Cooperação Agrícola (IICA) e a Universidade Federal de Minas Gerais, além de instituições financeiras como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (UBRABIO, 2015).

A PMB atuará de forma integrada, envolvendo instituições de pesquisa, universidades, produtores de matérias-primas sustentáveis, fornecedores de tecnologia, logística e processos industriais, até chegar às companhias aéreas, baseada no conceito *from Farm to Fly*, que pode ser traduzido como, do campo ao voo (SEDE MG, 2014).

Segundo a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (2014), os principais eixos de atuação da PMB são o planejamento estratégico, visando à estruturação da cadeia produtiva do bioquerosene no estado, o desenvolvimento de matérias-primas com potencial bioenergético, como a macaúba, que faz parte da política estadual de incentivo ao cultivo, a extração, a comercialização, o consumo e a transformação da macaúba, o desenvolvimento e atração de tecnologias de refino, logística e infraestrutura, certificação e pesquisa e desenvolvimento.

2.2.2.4 Experiências Brasileiras com o Bioquerosene

As principais experiências brasileiras com o bioquerosene foram realizadas por duas das maiores companhias aéreas do Brasil, a GOL e TAM (ANAC, 2014).

A TAM realizou um voo experimental utilizando bioquerosene de pinhão manso, uma biomassa vegetal brasileira, em uma aeronave Airbus A320 com capacidade para transportar até 174 passageiros, em operação regular na malha doméstica da companhia. O voo, tripulado por dois comandantes da TAM e dezoito passageiros, dentre eles técnicos e executivos da TAM e Airbus, passou por aprovações técnicas da Airbus, e foi autorizado pelas autoridades aeronáuticas da European Aviation Safety Agency (Easa) e da Anac (BIODIESELBR, 2010). A aeronave sobrevoou o espaço aéreo brasileiro sobre o oceano Atlântico por 45 minutos e retornou ao ponto de origem (BIODIESELBR, 2010).

A GOL foi a primeira empresa aérea a realizar um voo internacional utilizando bioquerosene produzido no Brasil. O combustível utilizado foi uma mistura de 10% e bioquerosene de cana-de-açúcar com 90% de combustível fóssil, utilizado no voo entre Orlando (Estados Unidos), Santo Domingo (República Dominicana) e São Paulo, aeroporto de Guarulhos (GOL, 2014).

Apesar dessas iniciativas de utilização do bioquerosene e do Brasil ser reconhecido internacionalmente por uma matriz energética diversificada, conforme o Balanço Energético Nacional de 2014, apresentando geração de energia hidráulica, biomassa, eólica, gás natural, derivados de petróleo, carvão e nuclear. Além da produção sustentável e desenvolvimento rural, e do conhecimento da tecnologia para a produção do bioquerosene, o país ainda esbarra na falta de incentivos e políticas públicas voltadas para a criação de uma indústria consolidada para bioquerosene (UBRABIO, 2014). Um bom exemplo disso pode ser visto no preço dos combustíveis, enquanto o litro de bioquerosene custa R\$7,50, o do combustível fóssil custa R\$2 (UBRABIO, 2014).

2.3 DESEMPENHO SOCIAL

Neste tópico são abordadas as questões relacionadas à fundamentação teórica do desempenho social tanto do querosene de aviação, quanto do bioquerosene, para que se torne possível caracterização de seus arranjos produtivos em relação às suas ações, e como elas se relacionam com o desenvolvimento da sociedade.

2.3.1 RESPONSABILIDADE SOCIAL

A responsabilidade social, abordada neste trabalho como indicador de desempenho social, é norteadada pela norma NBR ISO 26000 e pelos indicadores do Instituto ETHOS, que fornecem diretrizes sobre a responsabilidade social, visando às necessidades e os benefícios do comportamento socialmente responsável, com objetivo de contribuir para o desenvolvimento sustentável (ABNT, 2010).

As diretrizes dispostas na norma abrangem instituições e organizações em diversos estágios de integração da responsabilidade social. A visão geral abordada pela norma pode ser vista na Figura 9.

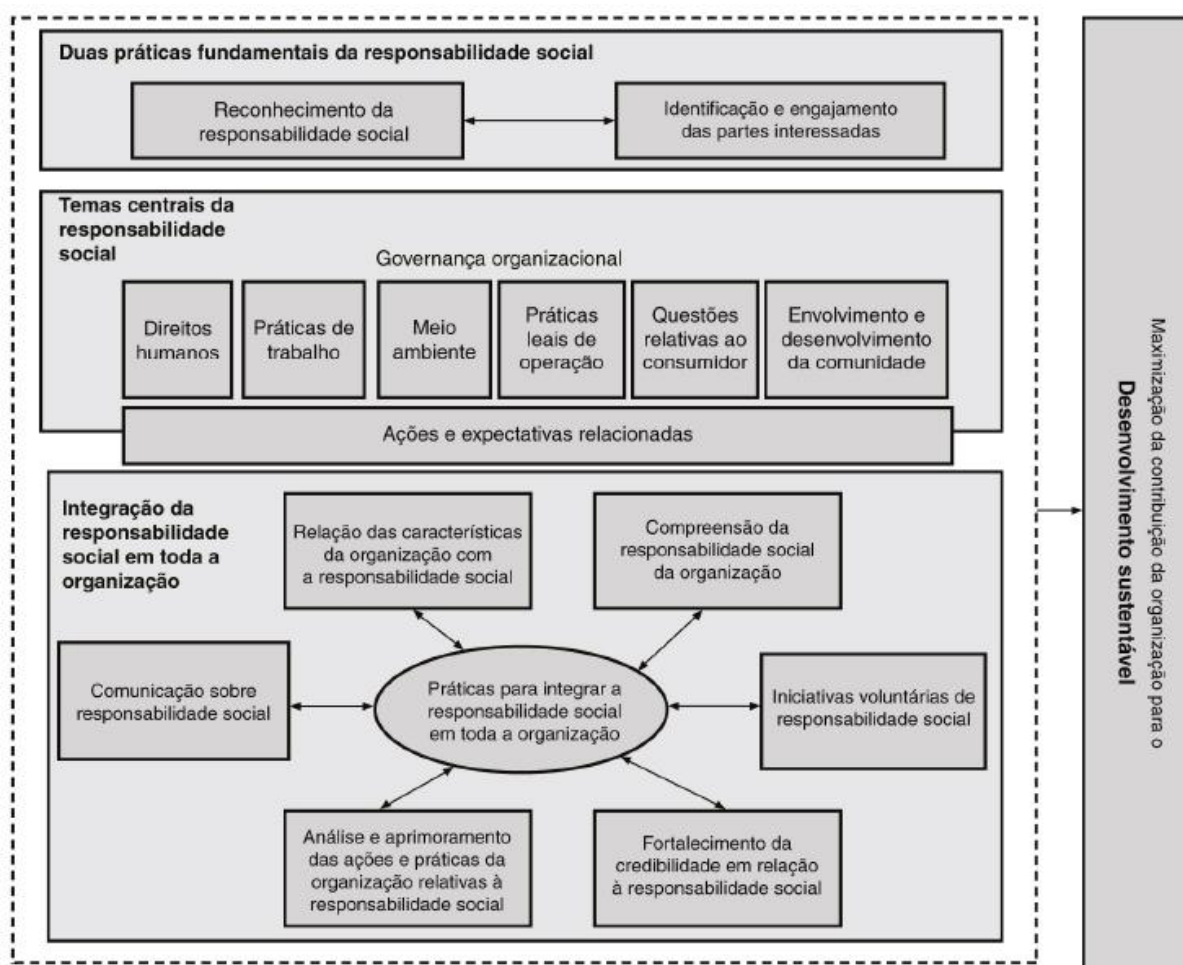


Figura 9 - Visão geral esquemática da NBR ISO 26000
Fonte: Adaptado de ABNT, 2010.

Segundo a norma NBR ISO 26000 (ABNT, 2010), a responsabilidade social pode ser definida como:

“A responsabilidade de uma organização, pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente, por meio de um comportamento ético, transparente e que esteja em conformidade com as legislações aplicáveis, que contribui de forma positiva para o desenvolvimento sustentável, que esteja integrada em toda a organização, envolvendo as atividades relacionadas a produtos, serviços e pessoas” (ABNT, 2010).

Além da Norma de Responsabilidade Social o desempenho social pode ser avaliado a por meio de parâmetros organizacionais, bem como aos aspectos ligados a dimensão social,

conforme pode ser visto nos Quadro 1 e Quadro 2 com indicadores propostos pelo Instituto ETHOS.

	CÓDIGO DE CONDUTA	GOVERNANÇA DA ORGANIZAÇÃO	COMPROMISSOS VOLUNTÁRIOS E PARTICIPAÇÃO EM INICIATIVAS DE RSE/ SUSTENTABILIDADE	ENGAJAMENTO DAS PARTES INTERESSADAS	RELAÇÕES COM INVESTIDORES E RELATÓRIOS FINANCEIROS	RELATÓRIOS DE SUSTENTABILIDADE E RELATÓRIOS INTEGRADOS	COMUNICAÇÃO COM RESPONSABILIDADE SOCIAL
INDICADOR	O código de conduta reúne as normas de conduta adotadas pela empresa, que se responsabiliza também por formalizá-las e difundir-las em sua esfera de influência. A obediência a esse ordenamento e sua divulgação têm como objetivo promover e consolidar um posicionamento ético.	Trata-se de sistema de tomada de decisão pela empresa voltada para a consecução de objetivos organizacionais. Ela se dá de forma responsável e coerente com os princípios de RSE/ sustentabilidade.	Esses compromissos voluntários são assumidos pela empresa com o objetivo de assegurar sua participação nas iniciativas de RSE/ Sustentabilidade que têm o intuito de influenciar o processo de aperfeiçoamento de sua conduta ética.	Trata-se de processo que envolve a identificação das partes interessadas com o propósito de se estabelecer com elas um diálogo que possa contribuir para o seu engajamento no processo de aperfeiçoamento da conduta da empresa.	A relação com os investidores deve fazer-se presente pela transparência e exatidão dos relatórios financeiros.	A transparência necessária à transmissão das informações acerca do desempenho ambiental, social, econômico e de governança da empresa aparece na orientação equilibrada de sua transmissão, pois assim se torna possível identificar o vínculo existente entre a empresa e os princípios da RSE/ sustentabilidade no que tange à geração de valor do negócio.	A aplicação rigorosa dos princípios de RSE/ sustentabilidade no que tange às ações de comunicação da empresa só ocorre se elas exercem influência positiva sobre a sociedade.

*RSE – Responsabilidade Social Empresarial

Quadro 1 – Indicadores Organizacionais e de Gestão, Instituto ETHOS
Fonte: Instituto Ethos, 2013.

	MONITORAMENTO DE IMPACTOS DO NEGÓCIO NOS DIREITOS HUMANOS	TRABALHO INFANTIL NA CADEIA DE SUPRIMENTOS	TRABALHO FORÇADO (OU ANÁLOGO AO ESCRAVO) NA CADEIA DE SUPRIMENTOS	PROMOÇÃO DA DIVERSIDADE E EQUIDADE
INDICADOR	Esse tipo de monitoramento requer conhecimento dos impactos promovidos pelos negócios da empresa e sua interface com as normas de Direitos Humanos.	A coibição do trabalho infantil na cadeia de suprimentos constitui um direito fundamental do trabalho. Para assegurar a erradicação dessa transgressão, qual seja, da exploração do trabalho da criança e do adolescente, a empresa deve adotar mecanismos de controle da cadeia de suprimentos	A coibição do Trabalho Forçado (ou análogo ao Trabalho Escravo) na cadeia de suprimentos constitui direito fundamental do trabalho. Para assegurar sua erradicação, ou seja, a exploração do trabalho escravo, a empresa deve adotar mecanismos de controle na cadeia de suprimentos.	A promoção da diversidade e da equidade é fundamental na esfera do trabalho. Portanto, mecanismos eficazes e adequados devem ser estabelecidos pela empresa com o propósito de coibir qualquer tipo de discriminação e de assegurar a diversidade em seus quadros funcionais.

Quadro 2 - Indicadores da Dimensão Social, Instituto ETHOS
Fonte: Instituto Ethos, 2013.

2.4 DESEMPENHO AMBIENTAL

Neste tópico é abordado o desempenho ambiental do bioquerosene, quanto às emissões de gases de efeito estufa, em específico as emissões de CO₂, utilizando-se como referência de comparação o querosene de aviação.

Além disso, também são abordadas a Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938/1981, e a Resolução CONAMA nº001/1986, que estabelece as definições, diretrizes, responsabilidades e critérios para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, bem como a resolução CONAMA nº 237/1997, que determina os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como um instrumento de gestão ambiental.

2.4.1 EMISSÕES: CONTEXTO GERAL

Por meio da Lei nº 12.187/2009, o Brasil instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), que define o compromisso nacional voluntário de adoção de ações de

mitigação com objetivo de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas até 2020. De acordo com o Decreto N° 7.390/2010, que regulamenta a Política Nacional sobre Mudança do Clima, a projeção de emissões de gases de efeito estufa para 2020 foi estimada em 3,236 Gt CO₂eq, o que corresponde a uma redução entre 1,168 Gt CO₂eq e 1,259 Gt CO₂eq, respectivamente, para o ano em questão (MCTI, 2013).

Dentre os setores em que se divide o inventário realizado pelo MCTI, o que é mais relevante para este trabalho é o setor de energia. Esse setor engloba as emissões provenientes da queima de combustíveis e emissões fugitivas da indústria de petróleo, gás e carvão mineral (MCTI, 2013). Além disso, por se tratar de um estudo que propõe a utilização de biomassa para a produção do combustível, a categoria uso da terra e florestas também é um importante fator, no entanto, pelo fato da macaúba ainda se encontrar em regime extrativista, este fator não será abordado.

Na Figura 10 é possível visualizar a importância do setor referente à energia, com aproximadamente 16% das emissões de CO₂eq, ocupando a terceira posição, em relação as emissões de CO₂eq, ficando bem próximo a segunda posição, ocupada pelo setor da agropecuária. Os dados da Figura 10 são de 2005 e são importantes para visualizar a evolução de cada setor, mostrado na Figura 11.

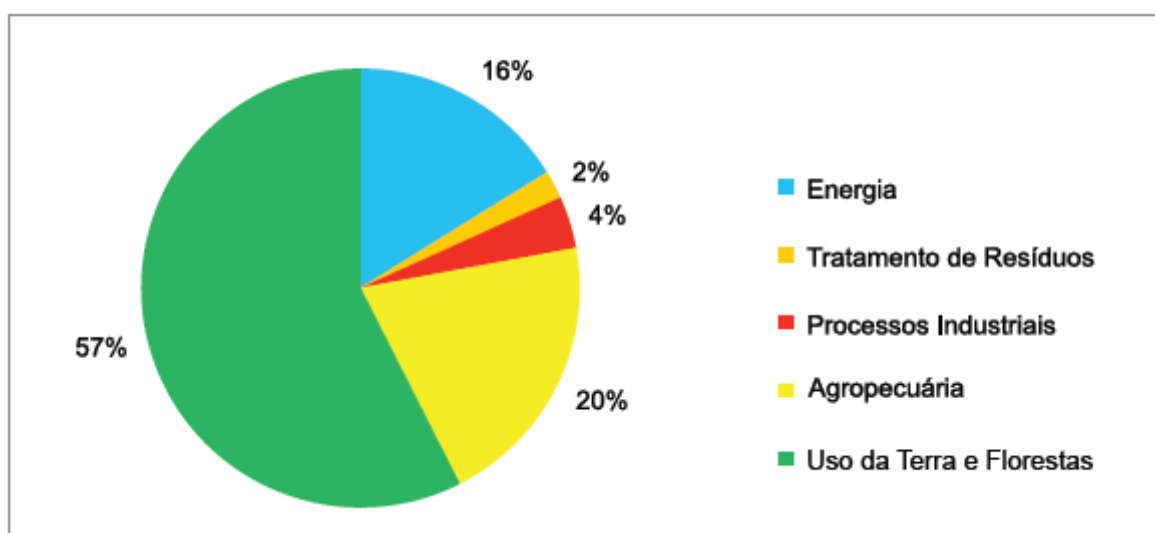


Figura 10 - Emissões de CO₂eq em 2005

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, 2013.

Na Figura 11 pode-se observar que houve um aumento de contribuição do setor de energia nas emissões de CO₂eq, em um intervalo de cinco anos, passando de 16 para 32% das emissões, ocupando a segunda colocação, se aproximando do setor da agropecuária com 35% das emissões.

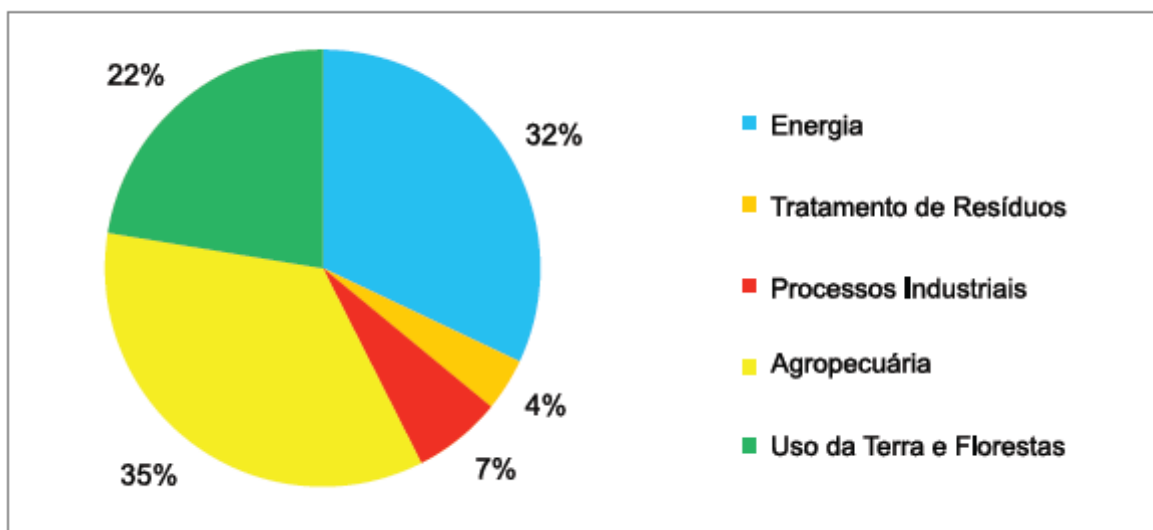


Figura 11 - Emissões de CO₂eq em 2010
 Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, 2013.

Para visualizar a evolução das emissões referentes ao setor de energia pode-se observar a Figura 12, em que é apresentada a progressão dessas emissões, de 1990 a 2010.

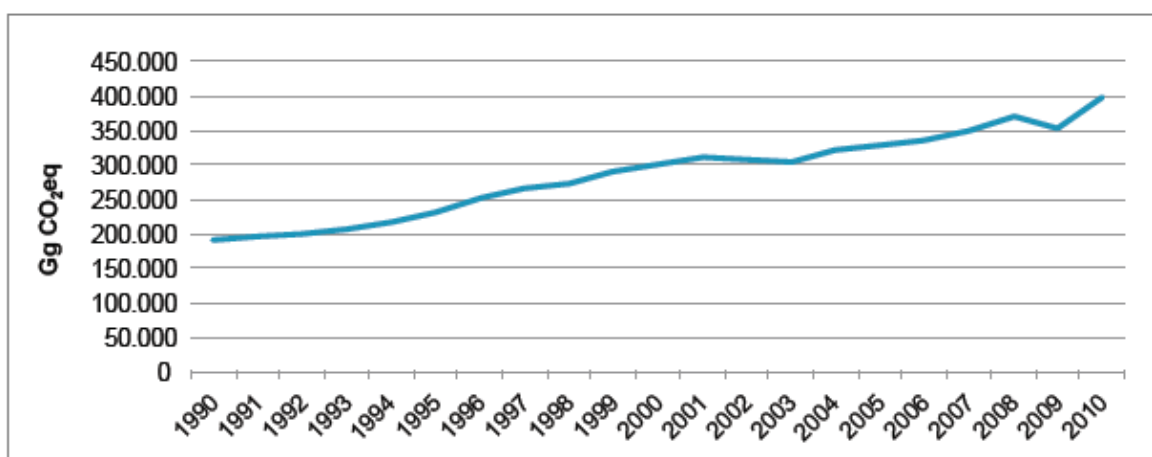


Figura 12 - Emissões de Dióxido de Carbono Equivalente - Setor de Energia
 Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, 2013.

2.4.2 EMISSÕES NA AVIAÇÃO

De acordo com dados fornecidos pela *International Air Transport Association* – IATA 2008, o setor de transporte aéreo é responsável por aproximadamente 2% das emissões de CO₂ no mundo (Figura 13), valor que até 2050 pode chegar em 3%, uma vez que a busca pelo transporte aéreo cresce 5% ao ano (IATA, 2008).

Com base em dados do IPCC, que também identificam o setor de transporte aéreo como responsável por 2% das emissões globais, onde o CO₂ derivado dos motores das aeronaves pode contribuir em torno de 1% do total do aquecimento global provocado pelas atividades antrópicas (ROCHA *et al*, 2010).

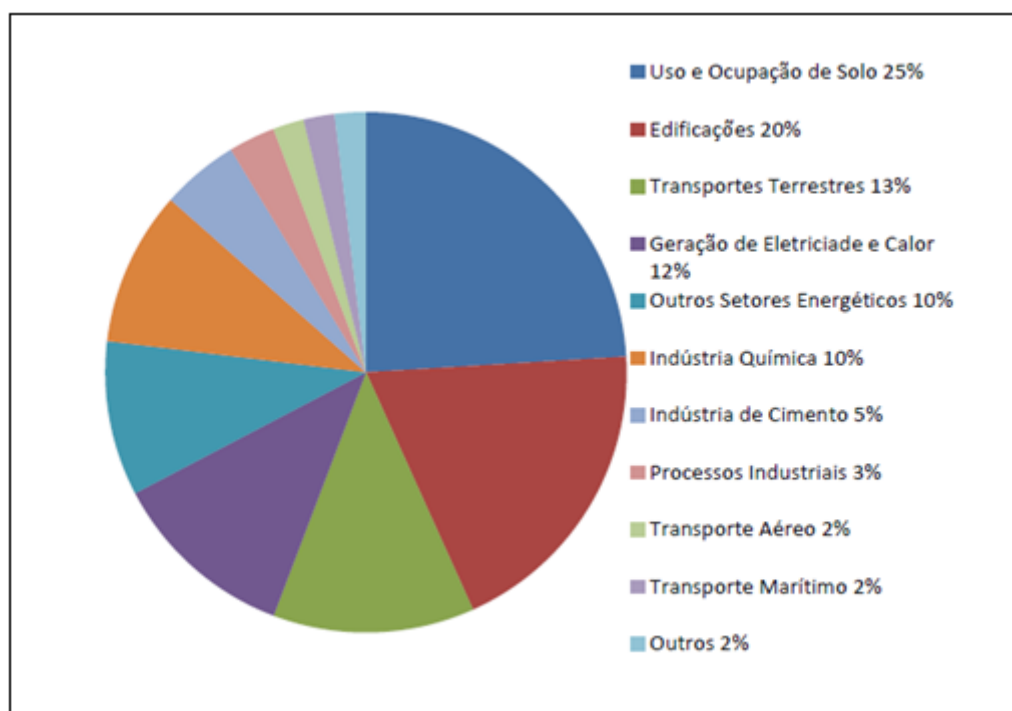


Figura 13 - Contribuição Global dos Setores na emissão de CO₂.
Fonte: IATA, 2008.

A Figura 14 mostra os produtos da combustão emitidos por motores a jato, em que se pode observar que, dos principais gases emitidos, o dióxido de carbono (CO₂) é o de maior quantidade (ROCHA *et al*, 2010).

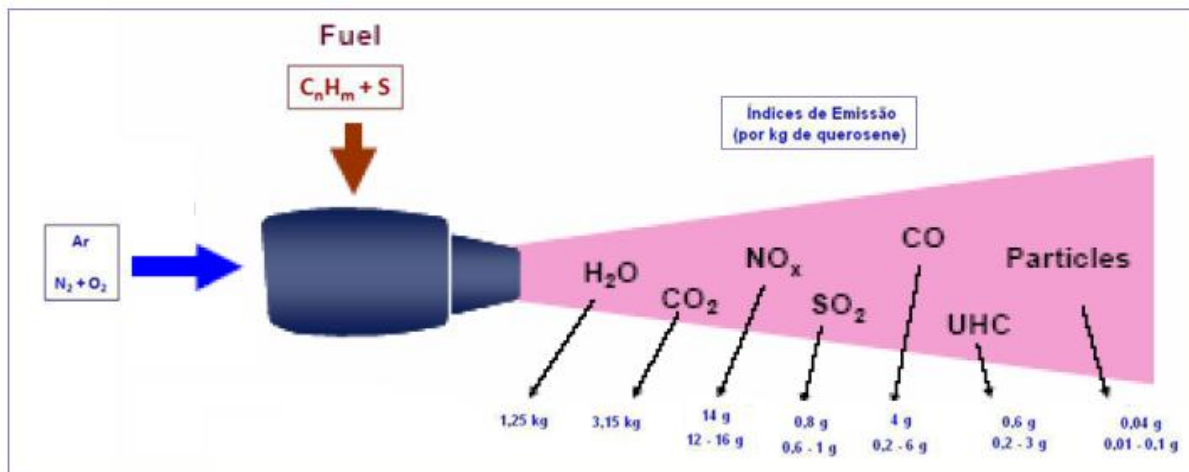


Figura 14 - Produtos da combustão emitidos por motores a jato.
Fonte: Adaptado de Kugele (2005).

2.4.2.1 Emissões de CO₂

Segundo Kim *et al.* (2008) vários métodos são utilizados para calcular as emissões de GEE, envolvendo uma série de fatores de emissões, cálculos e modelos com aproximações, já que para muitos dos compostos dessas emissões não se apresenta um método consolidado para realização dos cálculos. Neste capítulo é demonstrada uma metodologia para o cálculo das emissões de CO₂, foram utilizados como padrão de comparação para os cálculos deste trabalho.

2.4.2.2 Fatores de Emissão de Combustível (*Fuel Mass-based Emission Factors*)

Kim *et al.* (2008) apresentam uma metodologia para calcular o fator de emissão do querosene de aviação, em relação ao CO₂, responsável por grande parte das emissões. O Fator de Emissão (FE), ou Índice de emissão (IE), termo utilizado quando as emissões são provenientes especificamente por aeronaves, está relacionado ao balanço de massa do combustível utilizado na combustão e aos poluentes emitidos após a sua queima (KIM et al, 2008). O Índice de emissão é apresentado em grama de emissão por quilograma de combustível queimado.

Neste trabalho utilizou-se o cálculo do IE de CO₂, devido sua grande representatividade e proporções em relação às outras emissões. Os índices utilizados foram obtidos por Sutkus *et al.* (2001), e foram utilizados como emissões padrão para a comparação aos índices obtidos. Além disso, considera-se, como condição de contorno para a análise das emissões de CO₂, que a combustão é completa, em que todo o combustível será queimado e transformado em gás carbônico e água. Combustão completa é caracterizada quando todo combustível injetado encontra a quantidade de ar necessária para a sua queima completa (ANTONIACOMI, 2011).

2.4.2.2.1 Índice de Emissão de CO₂

O Índice de Emissão de CO₂ tem como referência a combustão completa do querosene de aviação e sua total transformação em CO₂ e H₂O, e a utilização de 100g de combustível para sua representação como porcentagem em massa. O resultado é expresso em gCO₂/kg de combustível.

$$IECO_2 = \frac{1000 \cdot m \cdot [12,011 + (2 \cdot 15,9994)]}{m \cdot 12,011 + n \cdot 1,0079 + (r \cdot 32,06)} \quad (1)$$

Os índices “m”, “n” e “r” representam os coeficientes na fórmula química do combustível em moles de carbono, de hidrogênio e de enxofre respectivamente, conforme mostrado a seguir.

$$m = \frac{M}{12,011}$$
$$n = \frac{N}{1,0079}$$
$$r = \frac{R}{32,06}$$

Por fim, o IE obtido por Sutkus *et al.* (2001), utilizado neste trabalho como índice de emissões padrão, provenientes da combustão completa do querosene de aviação, pode ser visualizado na Tabela 3.

Tabela 3 - Índices de Emissão padrões de Querosene de Aviação (g/kg)

Emissão	Índice de Emissão
Dióxido de Carbono (CO ₂)	3155
Água (H ₂ O)	1237

Fonte: Adaptado de Sutkus et al, 2001.

2.4.3 GESTÃO AMBIENTAL

O SGA é um conjunto de elementos que objetivam estabelecer a política ambiental adotada para alcançar os objetivos propostos (ABNT, 2004). Conforme disposto na norma ISO 14001 (ABNT, 2004), o desempenho ambiental é representado pelos resultados mensuráveis da gestão de uma dada organização em relação aos seus aspectos ambientais. No sistema de

gestão ambiental (SGA), o desempenho ambiental é medido baseado nas políticas ambientais adotadas, bem como por seus objetivos e metas.

Baseado nas premissas do SGA, este trabalho abordará o desempenho ambiental, em relação às emissões de CO₂, e sua relação com Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) provenientes dessas emissões, visando à diminuição da subjetividade da avaliação, por equações e cálculos, contribuindo para que os processos produtivos dos combustíveis em análise possam identificar, controlar, mitigar ou evitar os impactos ambientais associados a suas atividades.

As definições de impacto ambiental e de Avaliação de Ciclo de Vida visualizadas no Quadro 3.

Termo	Definição	Instrumento
Impacto Ambiental	Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.	RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986
Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida	Objetiva estudar a significância dos impactos ambientais potenciais, utilizando os resultados do inventário de ciclo de vida, para associar a eles categorias de impacto específicas e indicadores de categoria.	ISO 14040

Quadro 3 - Definição de Conceitos

2.5 BALANÇO DE MASSA E ENERGIA

O balanço de massa e energia pode ser abordado a partir das leis da termodinâmica, mais especificamente pela primeira lei, ou princípio da conservação da energia. Esse princípio estabelece que a energia não pode ser criada nem destruída em um processo, podendo apenas mudar sua forma, permitindo que essa energia seja computada (ÇENGEL, 20009).

O balanço de massa e energia pode ser expresso da seguinte forma: a variação da energia total de um sistema durante um processo é igual à diferença entre a energia total recebida, ou energia de entrada, e a energia total rejeitada, ou energia de saída, pelo sistema durante o processo (ÇENGEL, 2009). É importante ressaltar que a energia pode ser transferida para o sistema de diversas formas, por meio de calor, trabalho ou fluxo de massa (ÇENGEL, 2009). A síntese do balanço de energia pode ser visualizada na Figura 15.

$$\left(\begin{array}{c} \text{Energia total} \\ \text{recebida pelo} \\ \text{sistema} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Energia total} \\ \text{rejeitada pelo} \\ \text{sistema} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Variação na} \\ \text{energia total} \\ \text{do sistema} \end{array} \right)$$

$$\underbrace{E_{\text{ent}} - E_{\text{saí}}}_{\text{}} = \underbrace{\Delta E_{\text{sistema}}}_{\text{}}$$

Figura 15 - Princípio de Conservação da Energia
Fonte: Çengel, 2009.

3 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos neste Trabalho de Conclusão de Curso 2, foram necessários os seguintes passos metodológicos:

- Fundamentação teórica com caracterização dos cenários de produção do querosene de aviação e do bioquerosene;
- Fundamentação teórica com caracterização do cenário da aviação no Brasil;
- Levantamento do desempenho social e ambiental do bioquerosene;
- Realização do balanço de massa do processo de obtenção do óleo bruto de macaúba;
- Descrição do arranjo produtivo de cada combustível;
 - ✓ Bioquerosene de macaúba;
 - ✓ Querosene de Aviação.
- Coleta de dados, referentes à produção de bioquerosene de macaúba no Brasil, por meio entrevistas semi-estruturadas;
- Comparação do desempenho social e ambiental entre o querosene de aviação e o bioquerosene de macaúba.

3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica foi realizada por meio do levantamento de dados secundários em plataformas de pesquisa, tais como Science Direct, Base Capes, Google Acadêmico, além de pesquisas no livro Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática, (Çengel, 2009), sítios institucionais como os da Agência Nacional de Petróleo, Gás e Combustíveis Renováveis e Ministério do Desenvolvimento Agrário, onde estão disponíveis dados

utilizados para descrever o cenário de produção do querosene de aviação e do bioquerosene, além de possibilitar o desenho da cadeia produtiva destes combustíveis, assim como as diretrizes do Selo Combustível Social, uma importante política de inclusão social e a Cartilha do selo combustível social (MDA, 2014). A caracterização do cenário da aviação civil no Brasil, também foi realizada por meio de dados secundários, obtidos em sua maioria da Agência Nacional de Aviação Civil.

3.2 DESEMPENHO SOCIAL E AMBIENTAL

Neste trabalho o desempenho social foi abordado a partir do levantamento dos benefícios relacionados ao arranjo produtivo de cada combustível.

Neste trabalho o desempenho ambiental será avaliado por meio da comparação das emissões de CO₂ do querosene de aviação, com o as emissões de CO₂ do bioquerosene de macaúba. O cálculo das emissões foi realizado baseado em duas metodologias, a primeira, com base no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil de 2014, realizado pela gerência técnica de análise ambiental da ANAC, em que é possível obter estimativas a respeito das emissões de CO₂, por meio de equações que apresentam uma abordagem mais ampla, considerando apenas o consumo de combustível, sem determinar as emissões por fase de voo.

A segunda consiste no cálculo de emissões a partir da razão molar e geração de CO₂ no processo de combustão completa dos combustíveis em questão. A partir dos resultados obtidos foi realizada a comparação entre as emissões de CO₂ dos combustíveis em análise.

O desempenho ambiental também será mensurado por meio dos indicadores de desempenho ambiental de acordo com a Norma NBR ISO 14031, Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes (ABNT, 2004).

3.3 BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO ÓLEO BRUTO DE MACAÚBA

O balanço de massa descreve a lei de conservação da massa, para o fluxo de massa do processo de obtenção do óleo bruto de macaúba que servirá como matéria-prima do bioquerosene, bem como o balanço energético, levando-se em consideração a quantidade de frutos de macaúba, utilizado para produzir um quilograma de óleo bruto.

3.4 DESCRIÇÃO DO ARRANJO PRODUTIVO

A descrição do arranjo produtivo tem como objetivo possibilitar a visualização do conjunto de fatores que o compõe, políticos, sociais e econômicos, resultantes da relação dos atores envolvidos nesse arranjo, tais como, o governo, empresas e instituições financeiras, instituições de pesquisa e desenvolvimento, sindicato de trabalhadores e cooperativas.

Além disso, foram levantadas as etapas de cada processo produtivo, conforme pode ser visto na Figura 17 e Figura 18, desde a obtenção da matéria-prima à obtenção do produto final. O processo de combustão foi selecionado para a comparação das emissões de CO₂.

3.5 ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS

A coleta de dados primários foi realizada por meio de entrevistas semi-estruturadas, com agentes estratégicos, como o MDA e integrantes da PMB, além de instituições de

pesquisa como o REMAPE, com objetivo de obter informações a respeito da produção de bioquerosene de macaúba no Brasil. Um roteiro prévio foi elaborado para estruturar a entrevista, utilizando um método que consiste em um diálogo focado em um assunto específico, porém com a liberdade e característica de entrevista aberta, menos formal (MAY, 2004 APUD AGUIAR & MEDEIROS, 2009,).

Logo após a realização de todas as entrevistas foi elaborado um texto apresentando todas as informações relevantes, além de um quadro contendo as instituições entrevistadas.

3.6 COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL E SOCIAL DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E O BIOQUEROSENE DE MACAÚBA

A comparação do desempenho ambiental e social entre o querosene de aviação e o bioquerosene de macaúba tem como objetivo avaliar comparar o desempenho social dos dois combustíveis, em relação seu arranjo produtivo, e o desempenho ambiental, em relação às emissões de CO₂, na etapa de combustão, bem como a comparação quanto à utilização das ferramentas e instrumentos de gestão ambiental, visando o controle dos impactos ambientais negativos associados aos processos produtivos.

Após a etapa de levantamento dos indicadores, foi atribuído um valor a cada indicador de desempenho e construído um gráfico tipo radar, relacionando todos os indicadores, possibilitando-se comparar os desempenhos dos dois combustíveis.

O gráfico exibe a configuração apresentada na Figura 16, onde A, B e C estão representando os parâmetros de desempenho, ou seja, social, ambiental e custo final de cada combustível. As séries 1 e 2 representam, respectivamente o bioquerosene e o QVA.

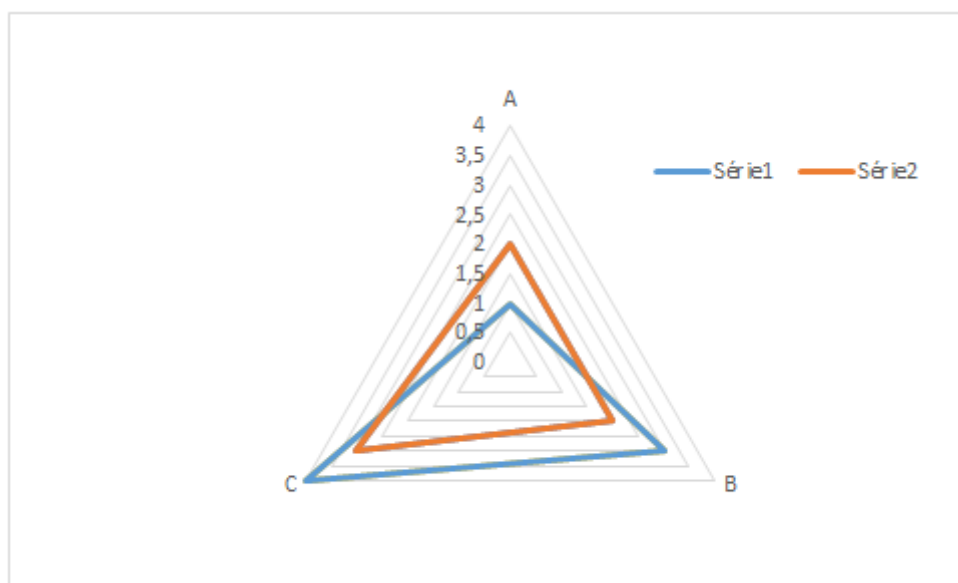


Figura 16 – Exemplo de Gráfico a Ser Gerado para Comparação do Desempenho dos Combustíveis.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos neste Trabalho de Conclusão de Curso 2.

4.1 DESEMPENHO SOCIAL

Neste tópico é apresentada a caracterização dos arranjos produtivos do querosene de aviação e do bioquerosene, o desenho de suas cadeias produtivas, além dos indicadores utilizados para a caracterização de seus desempenhos sociais.

4.1.1 ARRANJO PRODUTIVO

O arranjo produtivo é um conjunto de fatores econômicos, políticos e sociais, resultantes das interações entre os atores desse arranjo, tais como, o governo, as empresas, instituições financeiras e de pesquisa e desenvolvimento (SEBRAE, 2009).

Cadeia produtiva é nome designado ao conjunto de etapas de transformação dos insumos e matérias-primas, representada pelo fluxo de materiais, de capital e informações até obtenção do produto final (CASTRO, 2002).

4.1.1.1 QUEROSENE DE AVIAÇÃO

O arranjo produtivo do querosene de aviação engloba a cadeia produtiva do petróleo, uma vez que o QVA é um produto do seu refino, assim as ações envolvendo o desempenho social estarão atreladas a esta cadeia, uma vez que não existem ações de cunho social ligadas diretamente à produção do querosene de aviação, como por exemplo, a utilização da agricultura familiar que é utilizada atualmente na produção de biocombustíveis.

A cadeia produtiva do QVA inicia-se a partir das atividades de prospecção, seguidas da exploração dos poços e produção do petróleo, que após a etapa de refino, dará origem a diversos produtos, entre eles o querosene de aviação, que será encaminhado às distribuidoras e por consequência ao consumidor final, proporcionando a utilização desse combustível, ou seja, sua combustão.

Um fator muito importante no arranjo produtivo do QVA é quantidade de empregos diretos gerados em sua cadeia produtiva, chegando em 2010 a aproximadamente 400.000 postos de trabalho (IBP, 2012).

Outro fator importante é o impacto desse setor no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, que em 1990 foi de pouco mais de 50 bilhões de reais, representando cerca de 3% do PIB, chegando a 440 Bilhões de reais em 2010, representando aproximadamente 12% (IBP, 2012).

4.1.1.2 BIOQUEROSENE

É importante ressaltar que ainda não existe um arranjo produtivo estabelecido para o bioquerosene de macaúba, no entanto, muitas fases se assemelham ao arranjo produtivo do biodiesel. Assim, neste trabalho foram levadas em consideração essas etapas para caracterizar o arranjo produtivo do bioquerosene de macaúba.

De acordo com MDA (2014), desde a criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), em 2004, importantes avanços, no que diz respeito à inclusão

social, geração de emprego e distribuição de renda, foram alcançados. Alguns desses fatores são discutidos neste tópico.

A cadeia produtiva do bioquerosene de macaúba inicia-se com a colheita dos frutos, em sistema extrativista. Esses frutos que são encaminhados às unidades de beneficiamento, onde obtêm-se o óleo bruto da polpa da macaúba, matéria-prima para produzir o bioquerosene nas biorrefinarias, que chegará as distribuidoras e por consequência ao consumidor final, proporcionando a utilização desse biocombustível, ou seja, sua combustão.

Outro fator importante é a descentralização e aumento da produção de oleaginosas, proporcionando o desenvolvimento de regiões menos favorecidas, gerando renda, empregos, além do incentivo a agricultura familiar (UBRABIO, 2010). Um bom exemplo desse desenvolvimento pode ser visto nos 4 bilhões investidos na indústria do biodiesel, entre 2005 e 2010, gerando cerca de 1,3 milhão de empregos, diretos e indiretos (UBRABIO, 2010). Ainda de acordo com essa Organização em 2010 existiam 103.000 famílias participando da agricultura familiar na produção de matéria-prima para o biodiesel, representando 20% do total de matéria-prima.

Além da agricultura familiar, outro fator importante no desempenho social da cadeia produtiva da macaúba é a formação de cooperativas, seja de coletores de frutos, seja de produtores de óleo bruto. Em 2010, 70% do total de 100.371 estabelecimentos fornecedores de matéria-prima para empresas produtoras de biodiesel, por meio da agricultura familiar, venderam sua produção por meio de cooperativas. Em 2009 essa proporção era de 68%, e em 2008 somente 31% (MDA, 2014).

A agricultura familiar vem sendo fomentada pelas ações do PNPB que visam às especificidades de cada região do Brasil. Uma forma eficaz para isso foi à criação do Projeto Polos, que promove o acesso à informação e o desenvolvimento dos agricultores familiares de cada região. Além disso, existe o Selo Combustível Social que atua como uma importante política de inclusão social e de geração de renda entre os agricultores familiares (MDA, 2014).

O Selo Combustível Social foi criado pelo Decreto Nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, pelo MDA, destinado ao produtor de biodiesel que cumpre os critérios descritos na Portaria nº 60 de 06 de setembro de 2012 (MDA, 2014).

O Selo promove a inclusão social dos agricultores familiares enquadrados no Pronaf (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), permitindo ao produtor de biodiesel o acesso as alíquotas de PIS/Pasep e Cofins com coeficientes de redução diferenciados para o biodiesel, que variam de acordo com a matéria-prima adquirida e região da aquisição, incentivos comerciais e de financiamento (MDA, 2014). Apesar das vantagens da utilização do selo, existem também alguns requisitos, impostos ao produtor de biodiesel, determinados na Portaria nº 60 de 06 de setembro de 2012, tais como:

- Adquirir um percentual mínimo de matéria-prima dos agricultores familiares no ano de produção de biodiesel;
- Celebrar previamente contratos de compra e venda de matérias-primas com os agricultores familiares ou com suas cooperativas e com anuência de entidade representativa da agricultura familiar daquele município e/ou estado;
- Assegurar capacitação e assistência técnica à esses agricultores familiares contratados.

A eficiência da implantação do Selo Combustível Social pode ser vista na capacidade de produção de biodiesel instalada no Brasil em 2010, fechando em 5,2 milhões de metros cúbicos, com o total de 33 usinas detentoras do Selo, que juntas correspondem a aproximadamente 87% da produção total (MDA, 2014).

4.1.2 A CADEIA PRODUTIVA

Neste tópico são apresentados os desenhos das cadeias produtivas do querosene de aviação e do bioquerosene. Nas Figura 17 e Figura 18 estão descritas as cadeias produtivas desses combustíveis. É importante ressaltar as emissões de CO₂ em outras etapas do processo, além da combustão, estão fora do escopo desse processo.

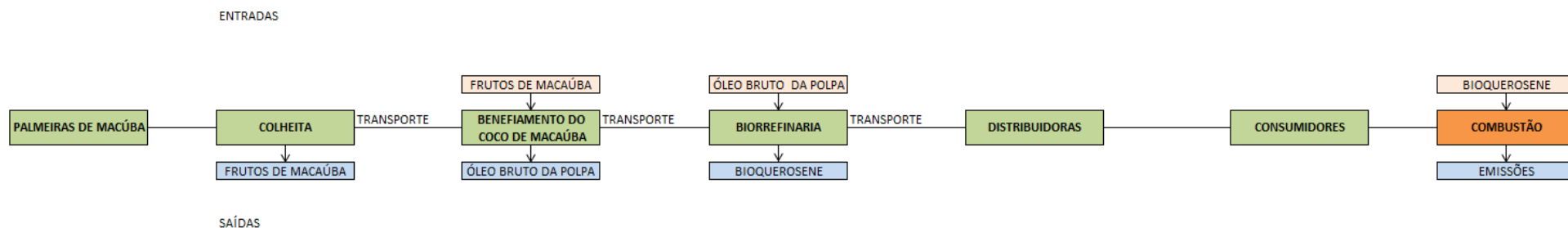


Figura 17 - Cadeia Produtiva do Querosene de Aviação

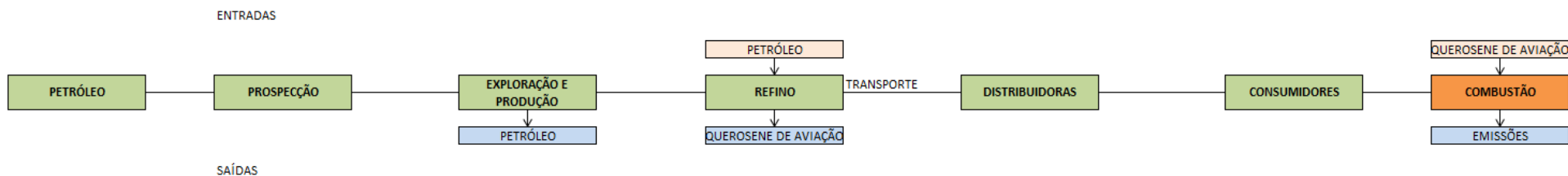


Figura 18 - Cadeia Produtiva do Bioquerosene

4.1.3 INDICADORES DE DESEMPENHO SOCIAL

Os indicadores de desempenho social foram apresentados no tópico (colocar o número do tópico), baseados em diretrizes da Norma ABNT NBR ISO 26000 e nos indicadores do Instituto ETHOS, além de fatores como a geração de empregos e participação no PIB. Dos indicadores identificados, foram selecionados indicadores com base na disponibilidade de dados, e estão dispostos no Quadro 4.

Indicadores		Fonte
1	Envolvimento e desenvolvimento da comunidade	ABNT NBR ISO 26000
2	Relação da características organizacionais com a responsabilidade social	
3	Iniciativas voluntárias de responsabilidade social	
4	Relatórios de sustentabilidade e relatórios integrados	Instituto ETHOS
5	Promoção da diversidade e equidade	

Quadro 4 - Indicadores de Desempenho Social

Os indicadores 1, 2, 3 e 5 avaliaram o bioquerosene, enquanto os indicadores 4 e 5 avaliaram o QVA.

Os indicadores 1 e 2, avaliaram o bioquerosene por meio da política social ligada ao Selo Combustível Social, em que envolvimento e desenvolvimento da comunidade são representados pelo fomento da agricultura familiar e do desenvolvimento regional brasileiro. A relação com as características organizacionais com a responsabilidade social está vinculada as empresas do setor de biocombustíveis que aderem à política do selo social recebendo incentivos fiscais. O indicador 3, iniciativas voluntárias de responsabilidade social, avaliou o bioquerosene por meio da criação e gestão das cooperativas de agricultores familiares e unidades de beneficiamento de oleaginosas.

O indicador 4, avaliou o querosene de aviação por meio dos relatórios de sustentabilidade do setor do petróleo e gás, elaborados pela ANP, além de relatórios de gestão, que apresentam os incentivos e repasses de verba destinados a pesquisa e desenvolvimento do setor do petróleo e gás, também elaborados pela ANP.

O indicador 5, avaliou ambos os combustíveis, e é representado pelos diversos postos de trabalho de suas cadeias produtivas, que apresentam homens e mulheres, em diversos cargos e atividades desenvolvidas.

4.2 DESEMPENHO AMBIENTAL

Segundo a norma NBR ISO 14031, referência nas diretrizes da avaliação do desempenho ambiental, os indicadores de desempenho podem ser separados segundo materiais, energia, resíduos e emissões. O Quadro 5 mostra os indicadores propostos pela norma.

INDICADORES DE DESEMPENHO	FONTE
Quantidade de materiais usados por unidade de produto Quantidade de materiais processados, reciclados ou reutilizados Quantidade de materiais de embalagem descartados ou reutilizados por unidade de produto Quantidade de outros materiais auxiliares reciclados ou reutilizados Quantidade de matéria-prima reutilizada no processo de produção Quantidade de água por unidade de produto Quantidade de água reutilizada Quantidade de materiais perigosos usados no processo de produção	NBR ISO 14031 (2004) Materiais
Quantidade de energia usada por ano ou por unidade do produto Quantidade de energia usada por serviço ao cliente Quantidade de cada tipo de energia usada Quantidade de energia gerada com subprodutos ou correntes de processo Quantidade de unidades de energia economizadas devido a programas de conservação de energia	NBR ISO 14031 (2004) Energia
Quantidade de resíduos por ano ou por unidade de produto Quantidade de resíduos perigosos, recicláveis ou reutilizáveis produzidos por ano Quantidade de resíduos para disposição Quantidade de resíduos armazenados no local Quantidade de resíduos contratados por licenças Quantidade de resíduos convertidos em material reutilizáveis por ano Quantidade de resíduos perigosos eliminados devido a substituição de material	NBR ISO 14031 (2004) Resíduos
Quantidade de emissões específicas por ano Quantidade de emissões específicas por unidade de produto Quantidade de energia desperdiçada, liberada para a atmosfera Quantidade de emissões atmosféricas com potencial depleção da camada ozônio Quantidade de emissões atmosféricas com potencial de mudança climática global Quantidade de material específico descarregado por ano Quantidade de material específico descarregado na água por unidade de produto Quantidade de material destinado para aterro sanitário por unidade de produto Quantidade de energia desperdiçada liberada para a água Quantidade de efluentes por serviço ao cliente Ruído medido em determinado local Quantidade de radiação liberada Quantidade de calor, vibração ou luz emitida	NBR ISO 14031 (2004) Emissões

Quadro 5 - Indicadores de Desempenho Ambiental ISO 14031

No contexto deste trabalho foi definido que a avaliação do desempenho ambiental se restringe ao balanço de massa e energia, e ao cálculo das emissões de CO₂ provenientes da queima dos combustíveis analisados. Os indicadores abordados estão dispostos no Quadro 6.

INDICADORES DE DESEMPENHO	FONTE
Quantidade de materiais usados por unidade de produto	NBR ISO 14031 Materiais
Quantidade de energia usada por ano ou por unidade do produto Quantidade de energia gerada com subprodutos ou correntes de processo	NBR ISO 14031 Energia
Quantidade de emissões específicas por ano Quantidade de emissões específicas por unidade de produto Quantidade de emissões atmosféricas com potencial de mudança climática global	NBR ISO 14031 Emissões

Quadro 6 - Indicadores de Desempenho Ambiental Abordados neste Trabalho

A quantidade de energia usada por unidade de produto, e a energia gerada com subprodutos são apresentados no item referente ao balanço de massa e energia. O restante dos indicadores estão apresentados no item referente às emissões de CO₂.

4.2.1 EMISSÕES DE CO₂

Neste tópico são apresentados os resultados referentes aos cálculos das emissões de CO₂, utilizando-se duas abordagens para a realização da análise. A primeira, com base no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil de 2014, realizado pela gerência técnica de análise ambiental da ANAC, em que é possível obter estimativas das emissões de CO₂, por meio do consumo de combustível, sem determinar as emissões por fase de voo. A segunda consiste no cálculo de emissões a partir da razão molar e geração de CO₂ no processo de combustão completa dos combustíveis.

4.2.1.1 Querosene de Aviação

4.2.1.1.1 Emissões no Voo

Este método apresenta uma abordagem que visa apenas o consumo de combustível da aviação civil, sem discriminação das emissões por fases de voo (ANAC, 2014). Esse método se justifica em casos que haja apenas informações e dados consolidados de consumo de combustível de todo o percurso de voo e não haja informações discriminadas de cada fase de voo, incluindo as operações aeroviárias, tais como as etapas do ciclo LTO, *Landing and Take Off*, ou pouso e decolagem, e o voo de cruzeiro (ANAC, 2014).

Com base no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil de 2014, realizado pela gerência técnica de análise ambiental da ANAC, é possível obter estimativas das emissões de gases de efeito estufa (GEE), tais como de CO₂, objeto deste estudo.

As emissões de CO₂ gerais, sem discriminar as fases de voo podem ser obtidas a partir da seguinte equação.

$$Eco_2 = \text{Consumo} \cdot \rho_{\text{energia}} \cdot Fe_c \cdot \%Oxi \cdot 44/12 \quad (2)$$

O detalhamento de cada parâmetro pode ser visto no Quadro 7.

Parâmetro	Descrição	Unidade
Eco ₂	Emissão anual de CO ₂	(tCO ₂ /ano)
Consumo	Consumo doméstico ou internacional de combustível	(m ³ /ano)
ρ _{energia}	Densidade energética do combustível	(tep/m ³)
Fe _c	Fator de emissão de carbono elementar por unidade de energia contida no combustível	(tC/ TJ)*
%Oxi	Fração do carbono elementar oxidado na combustão	%
44/12	Razão entre as massas molares do CO ₂ e do carbono elementar	(gCO ₂ /gC)

Quadro 7 - Parâmetros para o Cálculo da Emissões de CO₂

Fonte: ANAC, 2014.

* Uma vez que a densidade energética é dada em tep/m³ e o fator de emissão em tC/TJ é preciso utilizar a equivalência 1 TJ = 0,041868 tep para adequar as unidades utilizadas.

Para a realização dos cálculos das emissões de CO₂ foram utilizados os dados da Tabela 4.

Tabela 4 - Dados para o Cálculo das Emissões de CO₂

Combustível	Fator de emissão (tC/TJ)	Densidade energética (tep/m ³)	Fração de Carbono Oxidado %	Densidade 20°C Kg/l	Consumo de combustível em 2013 (Kg)
Querosene de Aviação	19,5	0,822	100	0,79	6.800.000.000

Fonte: ANAC, 2014.

O resultado do cálculo das emissões de CO₂ está demonstrado na Tabela 5.

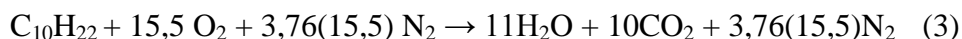
Tabela 5 - Cálculo das emissões de CO₂

Quantidade QAV consumidos em 2013			
Litros	Bilhões de litros	Bilhões de m³	m³
8.607.594.937	8,61	8607,59	8,61 . E ¹²
Distância percorrida em 2013			
Média Mensal (km)	Média Anual (km)		Média Anual (Milhões de km)
64.500.000	774000000		774
Consumo Médio por Km percorrido pelas aeronaves brasileiras em 2013			
Em m³/km		Em kg/km	
11.120,92369		8,785529716	
Emissões CO2			
tCO ₂ /ano			
5,06E+16			

4.2.1.1.2 Hipótese Simplificada – Emissão de CO₂

Nesse tópico é apresentada uma abordagem simplificada, baseada na razão molar e na equação balanceada de combustão completa do querosene de aviação.

De acordo com Flack (2005 apud ROCHA *et al*, 2010), o combustível de aviação a jato é o querosene (n-decano – C₁₀H₂₂) e a reação química balanceada, na forma de combustão completa, pode ser representada por:



O n-decano, na reação de combustão completa, apresentada na equação 3, não apresenta enxofre em sua composição. Em condições reais, o processo é bem mais complexo e apresenta vários subprodutos, que não serão abordados neste trabalho, uma vez que o dióxido de carbono representa 71% das emissões típicas da aviação (PENNER *et al.*, 1999).

Ainda com base na equação 3, pode-se visualizar uma razão molar, entre o querosene de aviação e CO₂, de 1/10.

As massas molares desses compostos podem ser visualizadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Massas molares do Querosene de Aviação e do Dióxido de Carbono

Composto Químico	Massa Molar (g/mol)
Querosene de Aviação (C ₁₀ H ₂₂)	142,28
Dióxido de Carbono (CO ₂)	43,99

De acordo com a razão molar (1 para 10) e com as massas molares, apresentadas na Tabela 6, chega-se a seguinte relação:

- Para cada Quilograma de Querosene de Aviação ($C_{10}H_{22}$), tem-se 3093,18 g de Dióxido de Carbono (CO_2) liberados na combustão.

Tabela 7 - Cálculo Simplificado das Emissões de CO_2 na Combustão Completa do Querosene de Aviação.

Combustível	Densidade 20°C Kg/l	Consumo de combustível em 2013 (Kg)	Emissões em tCO ₂ /Ano
Querosene de Aviação	0,79	6.800.000.000	2,1E+7

4.2.1.2 Bioquerosene de Macaúba

As emissões liberadas na combustão do bioquerosene de Macaúba não puderam ser calculadas devido à indisponibilidade de dados, uma vez que atualmente nenhuma organização foi identificada atuando na produção desse biocombustível em escala comercial ou em escala laboratorial.

Apesar de não ser possível quantificar as emissões de CO_2 provenientes da combustão completa do bioquerosene de macaúba, sabe-se que devido ao processo de obtenção desse biocombustível, o hidroprocessamento, é obtido um combustível com uma composição bem próxima ao QVA, e por consequência uma quantidade de emissões de CO_2 bem próximas.

Considerando essa premissa, os ganhos relacionados ao desempenho ambiental do bioquerosene se restringem à redução das emissões de CO_2 compensadas pela captura de CO_2 pela fotossíntese realizada pelas palmeiras de macaúba, e pela não emissão de compostos de enxofre, que por sua vez não fazem parte do escopo deste trabalho.

4.3 BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO ÓLEO BRUTO DE MACAÚBA

O balanço de massa e energia segue a lei de conservação da massa, para o fluxo de massa do processo de obtenção do óleo bruto de macaúba que servirá como matéria-prima do bioquerosene, bem como o saldo energético. Este balanço foi representado levando-se em consideração a quantidade de quilogramas de frutos de macaúba utilizados para produzir um quilograma de óleo bruto da polpa, que é o óleo que dará origem ao bioquerosene.

Os dados utilizados nesta etapa do trabalho foram obtidos em teste realizado na Unidade de Beneficiamento de Coco de Macaúba - UBCM de Montes Claros, Minas Gerais, fornecidos por FARIAS (2015).

4.3.1 BALANÇO DE MASSA

O balanço de massa pode ser visualizado na Tabela 8, onde foram considerados a quantidade necessária para obter 1 Kg de óleo bruto, aproximadamente 10,71 Kg de frutos de macaúba.

Tabela 8 - Balanço de Massa

Kg de Frutos	Composição do Fruto (em Kg)					
	Polpa	Casca	Endocarpo	Amêndoa	Perdas	
10,71	2,75	2,25	5,13	0,54	0,04	
Produtos (em Kg)						
Óleo da Polpa	Óleo de Amêndoa	Torta da Polpa	Torta da Amêndoa	Endocarpo	Ração	Total
1	0,27	1,75	0,28	5,12	2,29	10,71

4.3.2 BALANÇO ENERGÉTICO

O balanço energético da produção de óleo bruto da polpa de macaúba, leva em consideração a quantidade de combustível, envolvido no transporte dos frutos até a unidade de beneficiamento, a energia elétrica gasta pelas máquinas que realizam o beneficiamento, em mega-joules (MJ), chegando-se por fim na quantidade de MJ/Kg de óleo bruto de polpa de macaúba.

4.3.2.1 GASTO ENERGÉTICO DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO COCO DE MACAÚBA

Para a realização dos cálculos que envolvem o gasto energético do processo de beneficiamento do coco de macaúba é necessário o levantamento de dados, bem como o conhecimento da conversão de algumas unidades. Os parâmetros necessários estão dispostos na Tabela 9 e as e as conversões energéticas mostradas a seguir:

CONVERSÕES ENERGÉTICAS
1Kcal = $4,19 \cdot 10^{-3}$ MJ;
1 MJ = 238,85 Kcal;
1kWh = 3,6 MJ;
1L = 10^{-3} m ³ ;
1 m ³ = 1000 L.

Quadro 8 - Conversões Energéticas

Tabela 9 - Parâmetros Necessários para o Cálculo do Gasto Energético

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
PCI DIESEL	0,85	g/cm ³
PCI LENHA	0,60	g/cm ³
PCI ÓLEO DA POLPA	0,92	g/cm ³
CALOR ESPECÍFICO DIESEL	8729,04	kcal/L
CALOR ESPECÍFICO LENHA	2292,96	kcal/L
CALOR ESPECÍFICO ÓLEO DA POLPA	8669,37	kcal/L

O gasto energético relacionado ao processo de beneficiamento pode ser visualizado na Tabela 10.

Tabela 10 - Gasto Energético do Beneficiamento do Coco de Macaúba

TRANSPORTE					
DIESEL	Litros	Kg	kcal	MJ	
	2,78	2,36	24266,74	101,68	
SECAGEM					
ENERGIA ELÉTRICA	Kwh			MJ	
	22,1			79,56	
LENHA	m³	Litros	kg	kcal	MJ
	0,75	750	450	1719720	7205,63
DESPOLPA					
ENERGIA ELÉTRICA	Kwh			MJ	
	35,50			127,80	
PRENSAGEM					
ENERGIA ELÉTRICA	Kwh			MJ	
	68,73			247,43	
DESINTEGRADOR					
ENERGIA ELÉTRICA	Kwh			MJ	
	12,49			44,96	

O gasto energético total desta etapa foi baseado na quantidade de 1000 Kg de frutos de Macaúba e está discriminado na Tabela 11.

Tabela 11 - Gasto Energético Total

ETADO DO PROCESSO	GASTO EM MJ
TRANSPORTE	101,68
SECAGEM	7285,19
DESPOLPA	127,80
PRENSAGEM	247,43
DESINTEGRADOR	44,96
TOTAL	7807,06

4.3.2.2 ENERGIA DO ÓLEO DA POLPA DA MACAÚBA

Assim como no balanço de massa, o valor energético do óleo da polpa da macaúba está apresentado para a quantidade de 1 kg, conforme pode ser visualizado na Tabela 12. Para comparação, o valor energético do petróleo, matéria-prima do QVA, também foi colocado na tabela. Os valores foram obtidos do Balanço Energético Nacional 2013 (BEN) e do trabalho de Nascimento *et al* (2012).

Tabela 12 - Valor Energético do Óleo da Polpa da Macaúba

PRODUTO	UNIDADES			
	Litros	kg	kcal	MJ
Óleo da Polpa	1,08	1	9362,92	39,23
Petróleo	1,225	1	10905,53	10,91

4.3.2.3 ENERGIA DOS PRODUTOS

O valor referente à energia contida em cada produto, para que possa ser feito o saldo energético entre as etapas relacionadas ao beneficiamento do coco de macaúba e o valor gerado pelos produtos, está apresentado na Tabela 13. Os valores apresentados têm como base a quantidade de 1000 kg de frutos.

Tabela 13 - Valor Energético dos Produtos

PRODUTO	kg	MJ
Óleo da Polpa	93,39	3660,88
Óleo da Amêndoa	24,90	889,93
Tortas (Polpa e Amêndoa)	189,10	3157,97
Endocarpo	478,59	10289,68
TOTAL		17998,47

4.3.2.4 SALDO ENERGÉTICO

O saldo energético é a representação da diferença entre o consumo energético referente às etapas de beneficiamento e o valor da energia dos produtos. Assim, tem-se para o consumo energético, referente às etapas de transporte (101,67 MJ), de secagem (7285,18 MJ), despulpa (127,8 MJ), prensagem (247,428 MJ) e por fim desintegração (44,964 MJ), um total de 7807,05645 MJ. Em relação ao valor energético dos produtos tem-se um total de 17998,47MJ, conforme pode ser visualizado na Tabela 13.

A partir dessas informações, chega-se a conclusão que o saldo é positivo, em torno de 10191,41 MJ/T de fruto de macaúba.

4.4 ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS

Neste tópico são apresentados os contatos referentes à produção de bioquerosene de macaúba no Brasil, logo em seguida foi discriminado o que foi tratado com cada contato e por fim foi redigido um texto contendo a síntese das informações coletadas. É importante ressaltar que os contatos aqui levantados são pessoas estratégicas no cenário da produção de bioquerosene por meio da plataforma de bioquerosene no Brasil. Os contatos são apresentados no Quadro 9. As entrevistas realizadas foram norteadas pelas seguintes perguntas, consideradas importantes para compreender o cenário.

- **ROTEIRO ENTREVISTAS**

- ✓ PERGUNTA 1: Sua instituição tem conhecimento de alguma empresa que atualmente fabrica bioquerosene de macaúba? Caso sim, qual?
- ✓ PERGUNTA 2: Como se encontra a indústria do bioquerosene no Brasil, em relação ao seu arranjo produtivo?
- ✓ PERGUNTA 3: Existem iniciativas que visam a consolidação da indústria do bioquerosene no Brasil?

DATA	INSTITUIÇÃO	FORMA DE CONTATO	ASSUNTO
06/04/2015	MDA	Telefônico	Produção de Bioquerosene de Macaúba
06/04/2015	REMAPE	Email/Telefônico	Produção de Bioquerosene de Macaúba
06/04/2015	Petrobras Biocombustível	Telefônico	Produção de Bioquerosene de Macaúba
10/04/2015	Petrobras	Email	Produção Biodiesel de Macaúba
14/04/2015	CURCAS	Email	Produção de Bioquerosene de Macaúba
16/04/2015		Telefônico	Produção de Bioquerosene de Macaúba
			Workshop Macaúba / Plataforma Mineira de Bioquerosene
16/04/2015	PBIO	Email	Produção de Bioquerosene e Biodiesel de Macaúba
26/04/2015	GOL	Telefônico	Produção de Bioquerosene Cana
26/04/2015	TAM	Telefônico	Produção de Bioquerosene Pinhão Manso
27/04/2015	GOL	Telefônico	Produção de Bioquerosene Cana
28/04/2015	GOL	Email	Produção de Bioquerosene Cana
29/04/2015	GOL	Email	Produção de Bioquerosene Cana

Quadro 9 - Contatos Realizados

4.4.1 RESULTADO DAS ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS

Em contato com as instituições mencionadas no Quadro 9, conclui-se que a Plataforma Mineira de Bioquerosene encontra-se em fase de ajuste e estruturação. De acordo com o MDA, futuramente pretende-se instalar nas imediações de Belo Horizonte – MG, uma refinaria capaz de produzir bioquerosene a partir do óleo bruto de macaúba e outras oleaginosas, e que atualmente não existem instituições trabalhando com a produção de bioquerosene de macaúba em escala comercial.

No que diz respeito ao cenário de utilização da macaúba para produção de óleo bruto, foi levantado um cenário baseado no extrativismo, com frutos de diferentes qualidades, gerando um óleo também de diferentes qualidades, que na atual conjuntura não será capaz de suprir de forma adequada a demanda de produção. A macaúba está em fase de domesticação para obtenção de material genético homogêneo para plantios comerciais, que por meio de plantas selecionadas será capaz de suprir a demanda de óleo bruto com a qualidade necessária.

4.5 COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL E SOCIAL DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E O BIOQUEROSENE DE MACAÚBA

Neste tópico são apresentados os resultados referentes à comparação do desempenho ambiental e social de cada combustível. Primeiro são apresentados os resultados relacionados aos aspectos sociais e ambientais de cada combustível separadamente, em seguida é apresentado o gráfico tipo radar comparando o desempenho de cada combustível simultaneamente.

4.5.1 DESEMPENHO SOCIAL

Para obtenção do desempenho social de cada combustível foram levantados parâmetros de comparação e atribuído um valor a cada parâmetro, variando de 0 a 3, onde 0 representa que o parâmetro analisado não apresenta desempenho, e 3 representa o desempenho máximo. Os Quadro 10 e Quadro 11 mostram os parâmetros levantados e a pontuação atribuída a cada um. Esta abordagem foi baseada em RAMOS *et al*, 2015.

	QUEROSENE DE AVIAÇÃO			
	0	1	2	3
RESPONSABILIDADE SOCIAL				X
PARTICIPAÇÃO NO PIB				X
GERAÇÃO DE EMPREGOS DIRETOS				X
AGRICULTURA FAMILIAR / COOPERATIVAS	X			

Quadro 10 - Parâmetros de Desempenho Social para o Querosene de Aviação

	BIOQUEROSENE			
	0	1	2	3
RESPONSABILIDADE SOCIAL				X
PARTICIPAÇÃO NO PIB		X		
GERAÇÃO DE EMPREGOS DIRETOS			X	
AGRICULTURA FAMILIAR / COOPERATIVAS				X

Quadro 11 - Parâmetros de Desempenho Social para o Bioquerosene

A valoração de cada parâmetro, de 0 a 3, foi realizada com os seguintes critérios:

- Os parâmetros dos dois combustíveis foram comparados, atribuindo-se a pontuação de dois pontos para o que apresentou um maior valor e um ponto para o menor;
- Os parâmetros já classificados, mas que também apresentaram relevância em relação a valores absolutos, ou seja, uma representatividade em relação ao parâmetro analisado e os valores referentes ao arranjo produtivo, receberam o acréscimo de 1 ponto em sua classificação, ou seja, os que estavam classificados como 1, subiram para 2, e os que estavam classificados como 2, subiram para 3.

A classificação de cada parâmetro está descrita da seguinte forma:

- Responsabilidade Social

Baseado nos indicadores de desempenho social, dispostos no Quadro 4, tanto o bioquerosene quanto o QVA foram classificados como 2. Como esses indicadores também representam grande relevância em relação ao arranjo produtivo desses combustíveis, ambos receberam o acréscimo de 1 ponto em sua classificação.

- ✓ O bioquerosene devido à política social ligadas ao Selo Combustível Social, representada pelo envolvimento e desenvolvimento da comunidade, fomento da agricultura familiar e do desenvolvimento regional brasileiro.
- ✓ O QVA por meio dos relatórios de sustentabilidade do setor do petróleo e gás, elaborados pela ANP, além de relatórios de gestão, que apresentam os incentivos e repasses de verba destinados a pesquisa e desenvolvimento do setor do petróleo e gás, também elaborados pela ANP.

- Participação no PIB

A contribuição do arranjo produtivo do querosene de aviação e do bioquerosene em relação sua participação no PIB brasileiro foram comparadas. Como o arranjo do querosene de aviação apresenta uma maior participação, foi atribuído o valor 2 para o querosene e 1 para bioquerosene. Quando comparados com os valores absolutos, a participação da indústria do petróleo em relação ao PIB brasileiro foi de 12% em 2010, representando um importante segmento na conjuntura econômica e social do Brasil, e por isso seu valor foi acrescido em 1 ponto, tendo sua classificação final como 3.

- Geração de Empregos Diretos

A contribuição do arranjo produtivo do querosene de aviação e do bioquerosene em relação a geração de empregos diretos foram comparadas. Como o arranjo do querosene de aviação apresenta uma maior participação, foi atribuído o valor 2 para o querosene e 1 para bioquerosene. Quando comparados com os valores absolutos, a geração de empregos diretos da indústria do petróleo em relação a indústria dos biocombustíveis, é 3,47 vezes maior, e por isso seu valor foi acrescido em 1 ponto, tendo sua classificação final como 3.

- Agricultura Familiar / Cooperativas

Por não existir esse indicador no arranjo produtivo do querosene de aviação, esse combustível recebeu o valor 0. Pelo fato da existência desse indicador no arranjo produtivo do bioquerosene, o mesmo foi classificado como 2. Devido ao desenvolvimento comunidade e desenvolvimento regional associado à agricultura familiar, o bioquerosene recebeu o acréscimo de 1 ponto, tendo sua classificação final como 3.

Os parâmetros levantados deram origem aos gráficos tipo radar, de cada combustível em que o desempenho é medido a partir da área desse gráfico. A maior área representa o melhor desempenho.

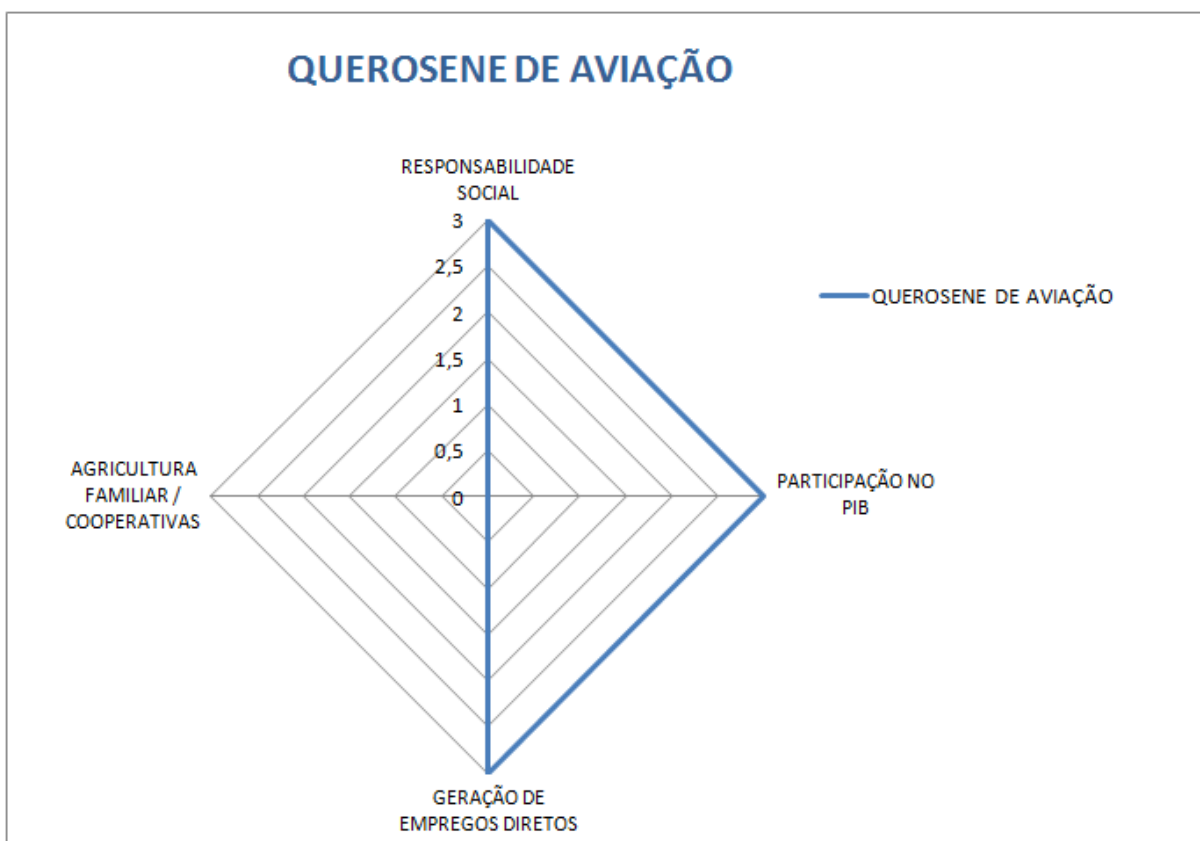


Figura 19 - Desempenho social do querosene de aviação

O valor dessa área é de nove unidades de área, obtidos por meio do cálculo da área do triângulo azul, e representa o valor bruto para o desempenho social do querosene de aviação, o significado e relevância desse valor será apresentado no item referente a comparação entre os combustíveis.

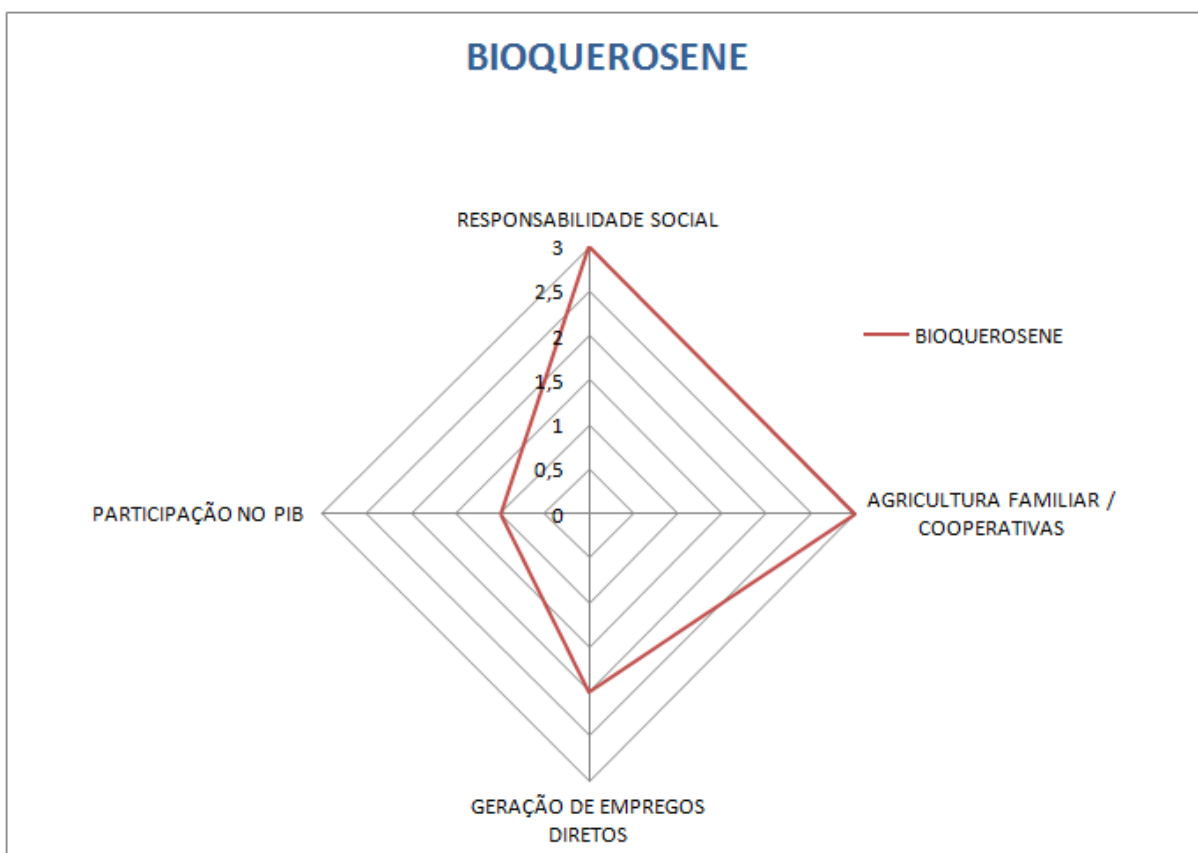


Figura 20 - Desempenho Social do Bioquerosene

O valor dessa área é de 10 unidades de área, e representa o valor bruto para o desempenho social do bioquerosene, o significado e relevância desse valor serão apresentados no item referente à comparação entre os combustíveis.

4.5.2 DESEMPENHO AMBIENTAL

Para obtenção do desempenho ambiental de cada combustível foram levantados parâmetros de comparação e atribuído um valor a cada parâmetro, variando de 0 a 3, variando de 0 a 3, onde 0 representa que o parâmetro analisado não apresenta desempenho, e 3 representa o desempenho máximo. Os Quadro 12 e Quadro 13 mostram os parâmetros levantados e a valoração de cada um.

	QUEROSENE DE AVIAÇÃO			
	0	1	2	3
EMISSIONES DE CO2		X		
COMPENSAÇÃO DE CO2		X		
BALANÇO DE MASSA E ENERGIA			X	

Quadro 12 - Parâmetros de Desempenho Ambiental para o Querosene de Aviação

	BIOQUEROSENE			
	0	1	2	3
EMISSIONES DE CO2		X		
COMPENSAÇÃO DE CO2				X
BALANÇO DE MASSA E ENERGIA				X

Quadro 13 - Parâmetros de Desempenho Ambiental para o Bioquerosene

A valoração de cada parâmetro é apresentada a seguir:

- Emissões de CO2

A contribuição do querosene de aviação e do bioquerosene foram comparadas em relação às emissões de CO2, na etapa de combustão. Como ambos os combustíveis apresentam uma composição química bem semelhante, suas emissões serão bem próximas, assim ambos receberam a classificação 1.

- Compensação de CO2

A contribuição do arranjo produtivo do querosene de aviação e do bioquerosene foram comparadas em relação a compensação de CO2. Como o arranjo do bioquerosene apresenta uma maior contribuição, foi atribuído o valor 2 para o bioquerosene e 1 para querosene de aviação.

O maior valor atribuído ao bioquerosene é relativo à manutenção das palmeiras de macaúba no regime extrativista que existe hoje. O valor 1 atribuído ao QVA está relacionado a iniciativa da utilização de biocombustíveis na aviação.

- Balanço de Massa e Energia

O valor energético do óleo bruto da polpa de macaúba, matéria-prima do bioquerosene, com o petróleo, matéria-prima do QVA foram comparados, para a quantidade de 1 kg, observa-se um maior valor energético do óleo bruto da polpa de macaúba. Assim, foi atribuído o valor 1 para o querosene de aviação e o valor 2 para o bioquerosene.

Em relação aos valores absolutos, como a quantidade produzida de petróleo é muito maior, quando comparado ao óleo bruto da polpa de macaúba, foi acrescido 1 ponto a sua classificação, chegando ao valor 2. Por outro lado, devido o valor energético do óleo bruto ser aproximadamente 3,6 vezes maior do que o do petróleo, o bioquerosene recebeu o acréscimo de 1 ponto em sua classificação, chegando ao valor 3.

Esses parâmetros deram origem aos gráficos tipo radar, de cada combustível em que o desempenho é medido a partir da área desse gráfico, em que a maior área representa o melhor desempenho.

A área da Figura 21 é de 3,031 unidades de área e representa o valor bruto para o desempenho ambiental do querosene de aviação, o significado e relevância desse valor serão apresentados no item referente à comparação entre os combustíveis.

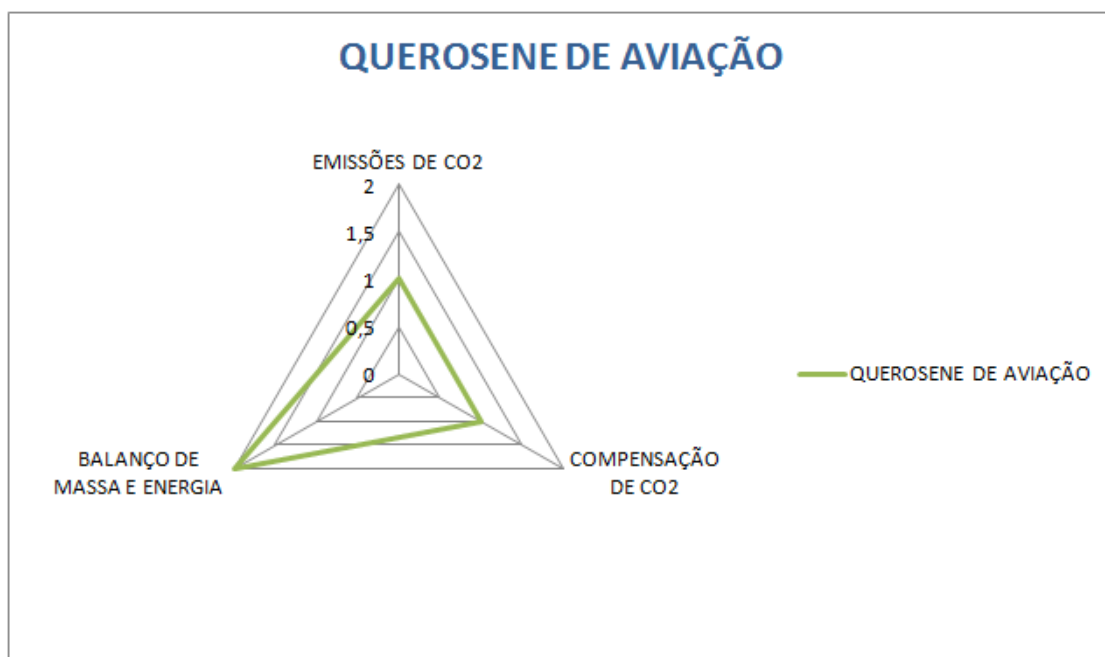


Figura 21 - Desempenho Ambiental do Querosene de Aviação

A área do **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 22 é de 6,495 unidades de área e representa o valor bruto para o desempenho ambiental do bioquerosene, o significado e relevância desse valor serão apresentados no item referente à comparação entre os combustíveis.

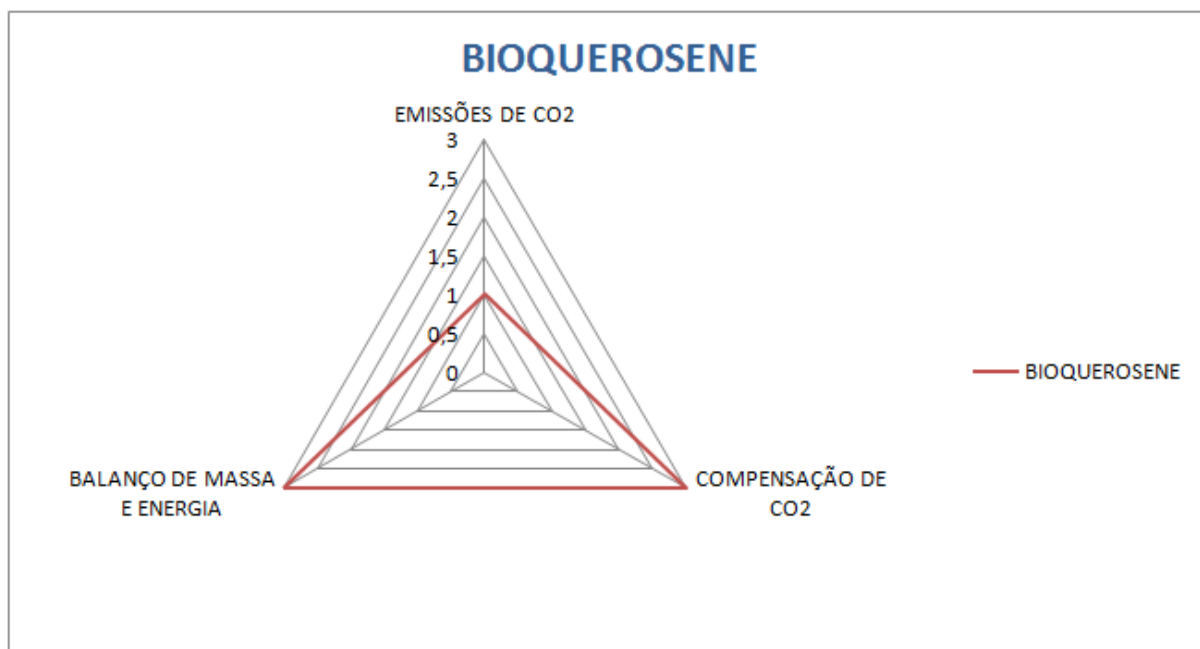


Figura 22 - Desempenho Ambiental do Bioquerosene

4.5.3 COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DOS COMBUSTÍVEIS

A partir dos valores obtidos para os desempenhos, social e ambiental, e do custo de cada combustível, foi construído o Quadro 14 onde os dados foram dispostos, e em seguida foi gerado um gráfico para que possa ser possível a comparação desses combustíveis.

	QUEROSENE DE AVIAÇÃO	BIOQUEROSENE
DESEMPENHO SOCIAL	9	10
DESEMPENHO AMBIENTAL	3,031	6,495
CUSTO	2	7,5

Quadro 14 - Desempenhos dos Combustíveis Analisados

A comparação de cada combustível pode ser visualizada na Figura 23.

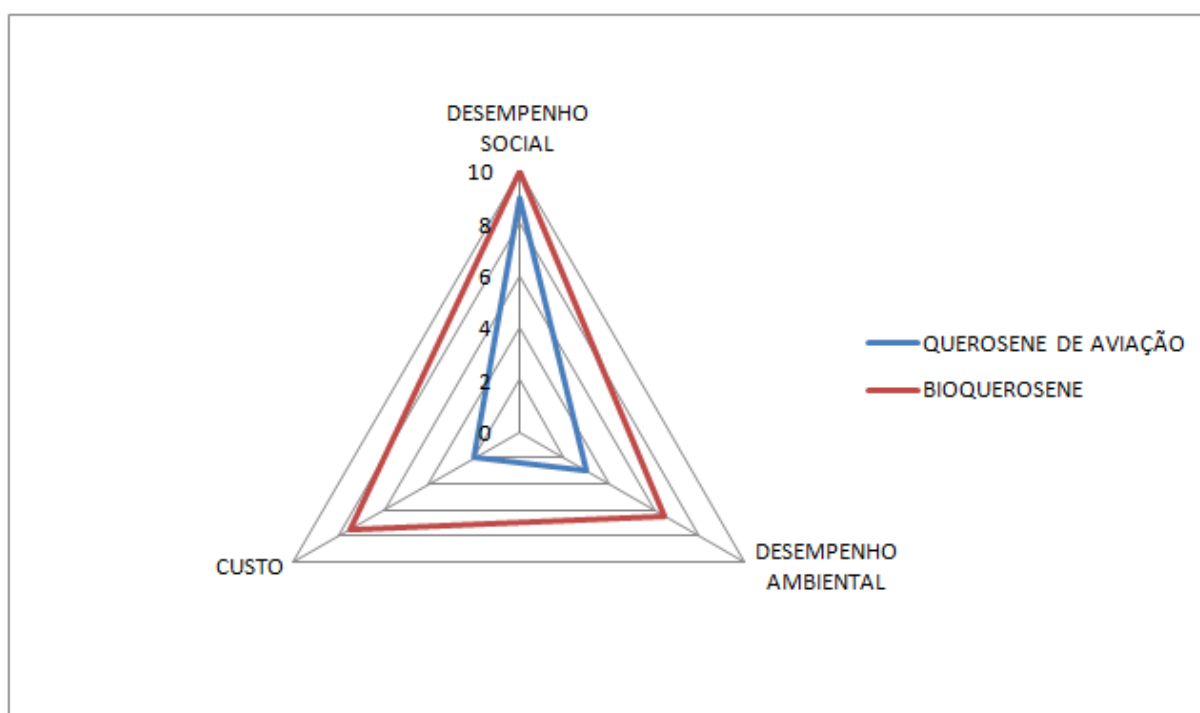


Figura 23 -Desempenho dos Combustíveis Analisados

A Figura 23 apresenta valores brutos, assim, para uma melhor análise do desempenho de cada combustível, os dados dispostos no Quadro 14 foram normalizados, gerando os valores apresentados no Quadro 15, que por sua vez, deram origem a Figura 24, e a comparação se torna mais clara e objetiva.

	QUEROSENE DE AVIAÇÃO	BIOQUEROSENE
DESEMPENHO SOCIAL	1	2
DESEMPENHO AMB	1	2
CUSTO	2	1

Quadro 15 - Desempenhos dos Combustíveis Analisados – Normalizados

Para a comparação dos dois combustíveis o valor de cada parâmetro varia entre 1 e 2, onde 1 representa um menor desempenho, e 2 representa o desempenho máximo.

A valoração de cada parâmetro, entre 1 e 2, foi realizada com os seguintes critérios:

- Os desempenhos foram comparados entre os dois combustíveis, o que apresentou um maior valor recebeu dois pontos, o menor recebeu um ponto;
- Em relação ao custo, o maior valor recebeu um ponto, devido um alto custo representar um indicador ruim, enquanto o menor valor recebeu a valoração 2, devido um baixo custo caracterizar-se como um bom indicador.

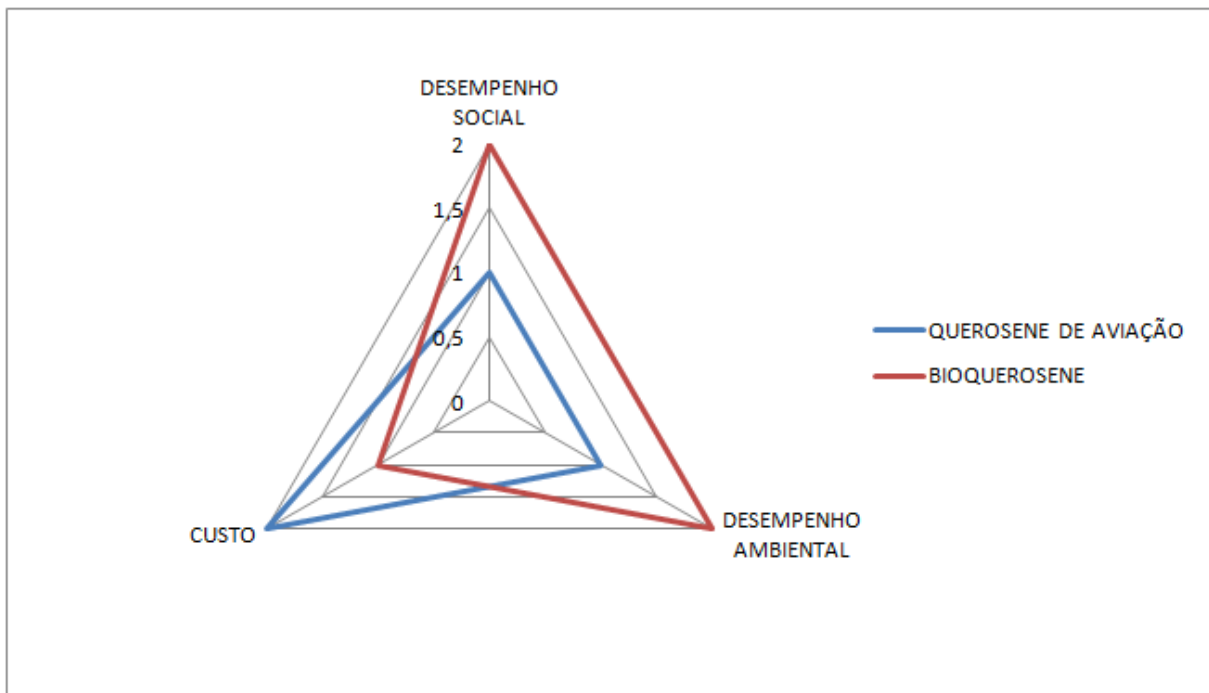


Figura 24 - Desempenhos dos Combustíveis Analisados – Normalizados

Em relação ao desempenho social, considerando-se os indicadores abordados neste trabalho, o bioquerosene apresentou um melhor desempenho, quando comparado ao QVA. Ess fato ocorreu devido à política social em torno do Selo Combustível Social, que faz parte do arranjo produtivo do bioquerosene, que relaciona as questões de geração de oportunidades a pessoas com menor grau de instrução técnica, ligado diretamente à agricultura familiar e ao arranjo em cooperativas, caracterizando uma atividade multiplicadora de renda e de empregos, impulsionando o desenvolvimento regional brasileiro.

Conforme visto no item referente ao desempenho ambiental, segundo os indicadores dispostos na norma NBR ISO 14031, referência nas diretrizes da avaliação do desempenho ambiental, levando-se em consideração os indicadores abordados neste trabalho, o bioquerosene apresenta um melhor desempenho quando comparado ao querosene convencional, isso acontece devido à compensação de CO₂, que ocorre na conservação do regime extrativista das palmeiras de macaúba, diminuindo os impactos de ciclo de vida associados à categoria de impacto, mudanças climáticas, medida em CO_{2eq} que representa uma medida de comparação das emissões de GEE, baseado no potencial de aquecimento global de cada gás, e devido o balanço de massa e energia.

Em relação a esse balanço, quando comparados, o óleo bruto da polpa, matéria-prima do bioquerosene, e o petróleo, matéria-prima do QVA, para a quantidade de 1 kg, observa-se um maior valor energético do óleo bruto da polpa de macaúba, apresentando cerca de 39,23 MJ/kg, enquanto o petróleo apresenta uma quantia de 10,905 MJ/kg.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações levantadas neste trabalho pode-se inferir a importância que o bioquerosene terá no cenário de produção do querosene de aviação no Brasil, levando-se em consideração que 2014 foram gerados cerca de 6.079.114 de m³ de querosene para aviação (ANP, 2104), e que os gastos com combustível representam grande parte dos custos operacionais das empresas de aviação comercial. Portanto, é oportuno o estudo do potencial de produção de bioquerosene no cenário de produção de querosene de aviação no Brasil, uma vez que a Resolução ANP N° 20 de 2013 autoriza a adição de até 50% em volume de bioquerosene no querosene de aviação comercializado.

Quanto aos resultados de desempenho ambiental, segundo os indicadores dispostos na norma NBR ISO 14031, referência nas diretrizes da avaliação do desempenho ambiental, o bioquerosene apresenta um melhor desempenho quando comparado ao querosene convencional.

Em relação ao desempenho social, o bioquerosene apresentou um melhor desempenho, quando comparado ao querosene de aviação. Esse fato ocorreu devido à política social ligada ao Selo Combustível Social, que faz parte do arranjo produtivo do bioquerosene, que relacionam-se diretamente as questões ligadas à agricultura familiar e ao arranjo em cooperativas, caracterizando uma atividade multiplicadora de renda e de empregos, impulsionando o desenvolvimento regional brasileiro.

Um importante fator observado na execução deste trabalho foi que o Brasil ainda apresenta muitos problemas em relação ao arranjo produtivo do bioquerosene, como por exemplo, a falta de incentivos e políticas públicas voltadas para a criação de uma indústria consolidada para bioquerosene. Porém já existem alguns avanços como a criação da Plataforma Brasileira de Bioquerosene e da Plataforma Mineira de Bioquerosene. Verificou-se também, que atualmente não existem empresas fabricando bioquerosene de macaúba em escala comercial, o que dificultou muito o desenvolvimento de algumas análises presentes neste trabalho.

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso foi alcançado, tendo sido possível caracterizar o desempenho ambiental do bioquerosene de aviação, chegando-se a conclusão que o desempenho geral do bioquerosene é superior ao do querosene de aviação, nos parâmetros analisados, no entanto, o querosene de aviação apresenta um menor custo para o consumidor final.

Por fim, o bioquerosene se mostra como uma opção válida e atrativa, uma vez que as questões relacionadas às emissões de CO₂ estão cada vez mais relevantes, além disso, de acordo com a quantidade de bioquerosene adicionada ao mercado, como o caso do biodiesel, hoje adicionado ao diesel em 7%, os números absolutos entre a indústria do petróleo e a dos biocombustíveis diminuirão, aproximando os quesitos de participação no PIB e geração de empregos diretos.

5.1 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros propõe-se a avaliação do ciclo de vida do bioquerosene de macaúba, uma vez que atualmente não existe produção desse biocombustível. Além disso, existe a possibilidade futura de comparar a evolução dos desempenhos, ambiental e social, à medida que o arranjo produtivo do bioquerosene também evoluir.

Futuramente o bioquerosene, poderá ser abordado como o biodiesel é hoje, ou seja, com participações obrigatórias, tendo em vista que atualmente a ANP permite a adição de até 50% em volume de bioquerosene no querosene de aviação comercializado, no entanto de forma facultativa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACROTECH. Programa Mineiro de Desenvolvimento da Cadeia de Valor de Bioquerosene para Aviação. Minas Gerais, 2014. Disponível em: <http://www.acrotech.com.br/?p=693>. Acesso em: 19 de Maio de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil. Relatório Final, Ano Base 2013. Maio de 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil. Relatório Final, Ano Base 2013. Maio de 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil. Relatório Final, Ano Base 2013. Maio de 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Planejamento Estratégico. 1º Edição, Volume Único. Brasília, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Planejamento Estratégico. 1º Edição, Volume Único. Brasília, 2010.

AGUIAR, V. R. L.; MEDEIROS, C. M. Entrevistas na Pesquisa Social: O Relato de um Grupo de Foco nas Licenciaturas. IX Congresso Nacional e Educação – EDUCERE. PUC Paraná, 2009.

ANDRADE, M.H.C; VIEIRA, A.S; AGUIAR, H.F; CHAVES, J.F.N; NEVES, R.M.P.S; MIRANDA, T.L.S; SALUM, A. Óleo do Fruto da Palmeira Macaúba – Parte II: Processo de Extração do Óleo. Disponível em: <<http://www.entabanbrasil.com.br/downloads/oleo-Macaba-I.PDF>>, acessado em 05 de fevereiro de 2014.

ANDRADE, M.H.C; VIEIRA, A.S; AGUIAR, H.F; CHAVES, J.F.N; NEVES, R.M.P.S; MIRANDA, T.L.S; SALUM, A. Óleo do Fruto da Palmeira Macaúba – Parte II: Processo de Extração do Óleo. Disponível em: <<http://www.entabanbrasil.com.br/downloads/oleo-Macaba-I.PDF>>, acessado em 05 de fevereiro de 2014.

ANTONIACOMI, D. J.; SILVA, A.W. Reações Químicas em Gases: Combustíveis e Eficiência Energética. 1º Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IF-SC. Instituto Federal do Paraná, Campus Curitiba. Curitiba, 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001. Sistemas da Gestão Ambiental – Requisitos com Orientações para Uso. Segunda edição. ABNT NBR ISO , 2004. 27p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 26000. Diretrizes Sobre Responsabilidade Social. Primeira edição. ABNT NBR ISO , 2010. 110p.

BIODIESELBR. Voo Experimental da TAM com Bioquerosene é Bem Sucedido. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/voo-experimental-tam-bioquerosene-bem-sucedido-231110.htm>. Acesso em: 21 de maio de 2015.

BRASIL. LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 31 de agosto de 1981; 160º da Independência e 93º da República.

CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V.; CRISTO, C. M. P. N. Cadeia Produtiva: Marco Conceitual para Apoiar a Prospecção Tecnológica. XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. Brasil, Salvador, novembro de 2002.

ÇENGEL, YUNUS A. Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática. 3ª edição. São Paulo. McGrawhill, 2009. XXII, 902 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS. A contribuição do setor brasileiro de petróleo, gás e biocombustíveis para o desenvolvimento sustentável no país. Confederação Nacional da Indústria. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Brasília: CNI, 2012.

FARIAS, TEDDY MARQUES. Universidade Federal de Minas Gerais. Comunicação pessoal, 2015.

GOL LINHAS ÁEREAS. GOL faz primeiro voo internacional com biocombustível. Disponível em: <http://blog.voegol.com.br/index.php/gol/gol-faz-primeiro-voo-internacional-com-Biocombustivel>. Acesso em: 21 de maio de 2015.

KIM, B. et al. Guidebook on Preparing Airport GHG Emissions Inventories. Airport Cooperative Research Program. Setembro, 2008.

KUGELE, A. et al. Aircraft Particulate Matter Emission Estimation Through All Phases of Flight. EUROCONTROL Experimental Centre, 2008. Reference Note No EEC/SEE/2005/0014.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCTI. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília, 2013.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCTI. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília, 2013.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. Cartilha do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel: Inclusão Social e Desenvolvimento Territorial, Brasília, 2014.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. O Selo Combustível Social. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-selo-combust%C3%ADvel-social>. Acesso em: 17 de maio de 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/perguntas.html>. Acesso em: 05 de outubro de 2014.

NASCIMENTO, A.A. et al. Análise comparativa do petróleo bruto e seus derivados: relação entre cadeias carbônicas com a densidade. VII CONNEPI. Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, 2012.

PENNER, J. E. et al. Aviation and the global atmosphere. New York: Cambridge University Press. IPCC, 1999.

RAMOS, C. *et al.* Cenários para a Matriz Elétrica 2050: Aportes ao debate energético nacional e ao planejamento participativo de longo prazo. Plataforma de Cenários Energéticos PCE Brasil 2050. Brasília, 2015.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 000 1 DE 23 DE JANEIRO DE 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237 DE 19 DE DEZEMBRO DE 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Publicada no DOU no 247, de 22 de dezembro de 1997, Seção 1, páginas 30841-30843.

ROCHA, A. C. Estimativa Simulada das Emissões Atmosféricas Diárias da Aviação Civil Regular no Brasil em um Dia Específico. São José dos Campos: INPE, 2012. Dissertação de Mestrado.

ROCHA, A. C.; MARTINS, M. P. P.; SANTOS, C. B. Estimativa das Emissões de Dióxido de Carbono Proveniente da Aviação Civil Regular em um dia Específico. IV Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estrado de Pernambuco e I Workshop Internacional Sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade na Região Nordeste do Brasil, Recife – PE. Agosto de 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. Sede – MG. Plataforma Mineira de Bioquerosene. Minas Gerais, 2014. Disponível em: <http://www.sede.mg.gov.br/pt/component/gmg/page/1877-plataforma-mineira-de-bioquerosene>. Acesso em: 19 de maio de 2015.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. Arranjo produtivo local. Série empreendimentos coletivos. Brasília, 2009.

SUTKUS, D. J. et al. Scheduled Civil Aircraft Emission Inventories for 1999: Database Development and Analysis. Washington, D.C. NASA, October, 2001.

UNIÃO BRASILEIRA DO BIODIESEL E BIOQUEROSENE – UBRABIO. Bioquerosene para Aviação. Jornal da Bioenergia. Brasília, 2014. Disponível em: http://www.ubrabio.com.br/1891/noticias/bioqueroseneparaaviacao_232010. Acesso em: 21 de maio de 2015.

UNIÃO BRASILEIRA DO BIODIESEL E BIOQUEROSENE – UBRABIO. Plataforma Mineira de Bioquerosene. Assessoria de Comunicação Social Ubrabio. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.ubrabio.com.br/1891/noticias/plataformamineiradebioqueroseneseradiscutida_embh_244120. Acesso em: 19 de maio de 2015.

UNIÃO BRASILEIRA DO BIODIESEL E BIOQUEROSENE – UBRABIO. Ubrabio lança a Plataforma Brasileira do Bioquerosene na Rio+20. Assessoria de Comunicação Social Ubrabio. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.ubrabio.com.br/1891/noticias/ubrabiolancaaplataformabrasileiradobioquerosenenario20_166714/. Acesso em: 19 de maio de 2015.